

Was ist Molybdän-Kupferblech

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

EINFÜHRUNG IN DIE CTIA GROUP

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

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

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

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

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



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
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

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1 Einleitung

- 1.1 Übersicht über Molybdän-Kupferblech
- 1.2 Zusammensetzung und Struktur von Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffen
- 1.3 Bedeutung von Molybdän-Kupferblechen in der Materialwissenschaft

Kapitel 2 Materialeigenschaften von Molybdän-Kupferblech

- 2.1 Grundlegende Eigenschaften von Molybdän und Kupfer
- 2.2 Dichte von Molybdän-Kupferblech
- 2.3 Mechanische Eigenschaften von Molybdän-Kupferblech
 - 2.3.1 Härte von Molybdän-Kupferblech
 - 2.3.2 Zähigkeit von Molybdän-Kupferblech
 - 2.3.3 Duktilität von Mo-Cu-Blechen
 - 2.3.4 Mechanische Festigkeit von Molybdän-Kupferblech
 - 2.3.5 Ermüdungsbeständigkeit von Molybdän-Kupferblechen
- 2.4 Chemische Eigenschaften von Molybdän-Kupferblechen
 - 2.4.1 Korrosionsbeständigkeit von Molybdän-Kupferblech
 - 2.4.2 Antioxidationseigenschaften von Molybdän-Kupferblechen
 - 2.4.3 Säure- und Laugenbeständigkeit von Molybdän-Kupferblech
- 2.5 Thermische Eigenschaften von Molybdän-Kupferblech
 - 2.5.1 Wärmeleitfähigkeit und Temperaturleitfähigkeit
 - 2.5.2 Wärmeausdehnungsverhalten und Stabilität
 - 2.5.3 Hohe Temperaturbeständigkeit
- 2.6 Elektrische Eigenschaften von Molybdän-Kupferblechen
 - 2.6.1 Leitfähigkeits- und Widerstandseigenschaften
 - 2.6.2 Elektrische Kontakteigenschaften
 - 2.6.3 Elektrochemische Stabilität
- 2.7 Vergleich zwischen Molybdän-Kupferblech und anderen Materialien
- 2.8 CTIA GROUP LTD Molybdän-Kupfer-Blech Sicherheitsdatenblatt

Kapitel 3 Klassifizierung von Molybdän-Kupfer-Blechen

- 3.1 Klassifizierung nach Marke (typisch) Molybdän-Kupferblech
 - 3.1.1 Mo85Cu15
 - 3.1.2 Mo80Cu20
 - 3.1.3 Mo70Cu30
 - 3.1.4 Mo60Cu40
 - 3.1.5 Mo50Cu50
- 3.2 Klassifizierung von Molybdän-Kupfer-Blechen nach Herstellungsverfahren
 - 3.2.1 Pulvermetallurgisch hergestelltes Molybdän-Kupferblech
 - 3.2.2 Durch Schmelzinfiltration hergestellte Molybdän-Kupfer-Bleche
- 3.3 Klassifizierung von Molybdän-Kupfer-Blechen nach Anwendung

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 3.3.1 Allgemeines Molybdän-Kupferblech
- 3.3.2 Hochfrequenz-Molybdän-Kupferblech
- 3.3.3 Molybdän-Kupferblech für die Luft- und Raumfahrt
- 3.3.4 Photoelektrisches Gerät vom Typ Molybdän-Kupferblech

Kapitel 4 Herstellungstechnologie für Molybdän-Kupferbleche

- 4.1 Herstellung von Molybdän-Kupferblechen mittels Pulvermetallurgie
 - 4.1.1 Prozessablauf der Pulvermetallurgie-Technologie
 - 4.1.2 Vorteile und Grenzen der Pulvermetallurgie-Technologie
- 4.2 Herstellung von Molybdän-Kupfer-Blechen durch Infiltration
 - 4.2.1 Prozessablauf der Schmelzinfiltration
 - 4.2.2 Vorteile und Grenzen der Infiltrationsmethode
- 4.3 Anwendung der 3D-Drucktechnologie bei der Herstellung von Molybdän-Kupferblechen

Kapitel 5 Hauptproduktionsanlagen für Molybdän-Kupferbleche

- 5.1 Produktionsanlagen für die Pulvermetallurgie-Technologie von Molybdän-Kupferblechen
 - 5.1.1 Pulveraufbereitungsanlagen
 - 5.1.1.1 Kugelmühle
 - 5.1.1.2 Zerstäubungseinrichtung
 - 5.1.2 Pulverformanlagen
 - 5.1.2.1 Hydraulische Presse (zur Kaltumformung von Molybdän-Kupfer- Barren)
 - 5.1.2.2 Isostatische Presse
 - 5.1.3 Sinteranlage
 - 5.1.3.1 Vakuum-Sinterofen
 - 5.1.3.2 Heißpress-Sinterofen
 - 5.1.4 Nachbearbeitungsgeräte
 - 5.1.4.1 Wärmebehandlungssofen
 - 5.1.4.2 Präzisionsschleifmaschine
- 5.2 Produktionsanlagen zur Molybdän-Kupfer-Blech-Infiltration
 - 5.2.1 Hydraulische Presse (zum Formen von Molybdänpulver)
 - 5.2.2 Vakuum-Sinterofen (zum Sintern des Molybdän-Skeletts und zur Infiltration von Kupfer)

Kapitel 6: Methoden und Geräte zur Leistungsprüfung von Molybdän-Kupferblechen

- 6.1 Dichtepfung von Molybdän-Kupferblechen
 - 6.1.1 Prinzip und Funktionsweise des Archimedes-Entwässerungsverfahrens
- 6.2 Porositätsprüfung von Molybdän-Kupferblechen
 - 6.2.1 Metallografische Mikroskopbeobachtung und Berechnung
- 6.3 Zugversuch an Molybdän-Kupferblech
 - 6.3.1 Einsatz der Universal-Materialprüfmaschine
- 6.4 Biegeversuch von Molybdän-Kupferblech
 - 6.4.1 Dreipunktbiegeverfahren
 - 6.4.2 Vierpunktbiegeverfahren

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 6.5 Schlagzähigkeitsprüfung von Molybdän-Kupferblech
- 6.5.1 Wichtige Punkte zum Pendelschlagversuchsbetrieb
- 6.6 Wärmeleitfähigkeitsprüfung von Molybdän-Kupferblech
- 6.6.1 Prinzip und Anwendung des Laser-Flash-Verfahrens
- 6.7 Prüfung des Wärmeausdehnungskoeffizienten von Molybdän-Kupferblechen
- 6.7.1 Einsatz des thermomechanischen Analysators (TMA)
- 6.8 Widerstandsprüfung von Molybdän-Kupferblechen
- 6.8.1 Vier-Sonden-Messverfahren
- 6.9 Kontaktwiderstandsprüfung von Molybdän-Kupferblech
- 6.9.1 Betriebsspezifikationen für die DC-Spannungsabfallmethode

Kapitel 7 Anwendungsgebiete von Molybdän-Kupferblechen

- 7.1 Anwendung von Molybdän-Kupferblech in der Elektronikindustrie
 - 7.1.1 Verpackungsmaterialien
 - 7.1.2 Substrate für integrierte Schaltungen
 - 7.1.3 Wärmeableitende Komponenten in Mikrowellengeräten
 - 7.1.4 Strukturelle Stützkomponenten in Mikrowellengeräten
 - 7.1.5 Kühlkörpermaterialien
 - 7.1.6 HF-Modul
 - 7.1.7 LED-Wärmeableitungssubstrat
- 7.2 Anwendung von Molybdän-Kupferblechen in der Luft- und Raumfahrt
 - 7.2.1 Metallische Flugzeugkomponenten
 - 7.2.2 Wärmeschutzmaterialien für Raumfahrzeuge
 - 7.2.3 Raketen- und Raumfahrzeugkomponenten
 - 7.2.4 Radarsystem-Strahler
 - 7.2.5 Militärische Elektronikverpackungen
- 7.3 Anwendung von Molybdän-Kupfer-Blechen im Energie- und Wärmemanagement
 - 7.3.1 Leistungselektronische Bauelemente
 - 7.3.2 Kernkraftanlagen
 - 7.3.3 Erneuerbare Energiesysteme
 - 7.3.4 Wärmemanagement der Batterie von Elektrofahrzeugen
- 7.4 Molybdän-Kupferblech in anderen aufstrebenden Anwendungsbereichen
 - 7.4.1 Medizinische Geräte
 - 7.4.2 7G-Kommunikationsbasisstation
 - 7.4.3 Laser und optisches System
 - 7.4.4 Additive Fertigung und kundenspezifische Bauteile

Kapitel 8 Markt- und Branchenstatus von Molybdän-Kupferblechen

- 8.1 Globaler Marktüberblick über Molybdän-Kupferbleche
- 8.2 Wichtige Hersteller von Molybdän-Kupferblechen – CTIA GROUP LTD
- 8.3 Marktnachfrage und Entwicklungstrend von Molybdän-Kupferblech
- 8.4 Herausforderungen und Chancen für den Markt für Molybdän-Kupferbleche

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kapitel 9 Zukünftige Entwicklung von Molybdän-Kupferblechen

- 9.1 Potenzial neuer Herstellungstechnologien für Molybdän-Kupferbleche
- 9.2 Forschungsrichtungen zur Optimierung der Leistung von Molybdän-Kupferblechen
- 9.3 Erweiterung der branchenübergreifenden Anwendungen von Molybdän-Kupferblechen

Kapitel 10 Nationale und internationale Normen für Molybdän-Kupferbleche

- 10.1 Chinesischer Nationalstandard für Molybdän-Kupferbleche
 - 10.2 Internationale Normen für Molybdän-Kupferbleche
- Normen für Molybdänkupferbleche in Europa, Amerika, Japan, Südkorea und anderen Ländern weltweit

Anhang:

Glossar zu Molybdän-Kupferblechen

Verweise



CTIA GROUP LTD Molybdän-Kupferblech Bild

Kapitel 1 Einleitung

1.1 Übersicht über Molybdän-Kupferblech

Molybdänkupferbleche sind ein Verbundwerkstoff aus Molybdän und Kupfer, der üblicherweise in Form dünner Bleche oder Platten in der Elektronik-, Luft- und Raumfahrt-, Energie- und Hochtemperaturindustrie verwendet wird. Sie vereinen den hohen Schmelzpunkt, die Korrosionsbeständigkeit und die ausgezeichnete thermische Stabilität von Molybdän mit der hohen elektrischen und thermischen Leitfähigkeit von Kupfer zu einem fortschrittlichen Werkstoff mit hervorragenden mechanischen und thermoelektrischen Eigenschaften. Molybdänkupferbleche werden hauptsächlich pulvermetallurgisch hergestellt, indem Molybdänpulver und Kupferpulver in einem bestimmten Verhältnis gemischt, gepresst und gesintert oder durch Schmelzinfiltration flüssiges Kupfer in die Molybdänmatrix eingebracht wird, um eine Verbundstruktur zu bilden.

Molybdänkupferbleche zeichnen sich durch folgende bemerkenswerte Eigenschaften aus: Ihre hohe Wärmeleitfähigkeit macht sie hervorragend für das Wärmemanagement und für Kühlkörper geeignet; ihr niedriger Wärmeausdehnungskoeffizient gewährleistet ihre Dimensionsstabilität in Hochtemperaturumgebungen; durch Anpassung des Molybdän-Kupfer-Verhältnisses können Wärmeleitfähigkeit, elektrische Leitfähigkeit und mechanische Festigkeit an unterschiedliche Anwendungsanforderungen angepasst werden; der hohe Schmelzpunkt (ca. 2623 °C) und die Korrosionsbeständigkeit von Molybdän ermöglichen einen langjährigen Einsatz in extremen Umgebungen. Typische Anwendungen sind Wärmeableitungssubstrate in elektronischen Gehäusen, Leistungshalbleiterbauelemente, Mikrowellengeräte und Wärmemanagementkomponenten in der Luft- und Raumfahrt. Seit Mitte bis Ende des 20. Jahrhunderts wurden mit der steigenden Nachfrage nach Hochleistungselektronikgeräten und Hochtemperaturanwendungen die Forschung, Entwicklung und Produktionstechnologie für Molybdänkupferbleche deutlich verbessert.

1.2 Zusammensetzung und Struktur von Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffen

Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffe werden in einem speziellen Verfahren aus Molybdän und Kupfer hergestellt. Ihre Eigenschaften werden direkt durch das Zusammensetzungsverhältnis und die Mikrostruktur beeinflusst. Die Zusammensetzung des Materials wird üblicherweise in Gewichts- oder Volumenprozenten angegeben, z. B. Mo70Cu30 (70 % Molybdän und 30 % Kupfer) oder Mo85Cu15 und andere gängige Werkstoffe. Ein erhöhter Molybdängehalt verbessert die Festigkeit, die Hochtemperaturbeständigkeit und die geringe Wärmeausdehnung des Materials, kann jedoch die Wärmeleitfähigkeit und die elektrische Leitfähigkeit leicht verringern. Ein erhöhter Kupfergehalt hingegen verbessert die Wärmeleitfähigkeit und die elektrische Leitfähigkeit deutlich, verringert jedoch die mechanische Festigkeit und die Hochtemperaturbeständigkeit. Spuren von Additiven (wie Nickel oder Silber) werden manchmal verwendet, um die Sintereigenschaften oder die Grenzflächenhaftung zu verbessern. Der Gehalt wird jedoch streng kontrolliert, um Leistungseinbußen zu vermeiden.

Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffe weisen mikrostrukturell eine zweiphasige Struktur auf: Molybdän

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

bildet ein kontinuierliches oder halbkontinuierliches Gerüst, das für mechanische Festigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit sorgt. Die Partikelgröße liegt üblicherweise zwischen 1 und 10 Mikrometern. Kupfer füllt die Poren des Molybdängerüsts und bildet ein kontinuierliches thermisch und elektrisch leitfähiges Netzwerk. Die Grenzflächenbindung der beiden Phasen beruht hauptsächlich auf physikalischer Interkalation und Diffusion während des Sinterns. Eine gute Grenzflächenbindung kann den thermischen und elektrischen Widerstand effektiv reduzieren. Rasterelektronenmikroskopie (REM) und Röntgenbeugung (XRD) zeigen, dass Molybdänpartikel üblicherweise gleichmäßig von der Kupfermatrix umhüllt sind und die Kontinuität der Kupferphase mit steigendem Kupfergehalt zunimmt.

Der Herstellungsprozess hat einen erheblichen Einfluss auf die Materialstruktur. Das pulvermetallurgische Verfahren ermöglicht durch Mischen von Molybdän- und Kupferpulver, Pressen und Sintern eine präzise Steuerung des Zusammensetzungsverhältnisses und eignet sich zur Herstellung hochdichter Molybdän-Kupferbleche. Das Schmelzinfiltrationsverfahren eignet sich für Materialien mit hohem Kupfergehalt, indem flüssiges Kupfer in ein poröses Molybdänskelett infiltiert wird. Allerdings sind die Anforderungen an die Prozesskontrolle hoch. Das Heißpress-Sinterverfahren erfolgt direkt unter hoher Temperatur und hohem Druck und eignet sich für hohe Leistungsanforderungen, ist aber teuer. Unterschiedliche Verfahren führen zu Unterschieden in Partikelgröße, Phasenverteilung und Grenzflächenbindungsstärke, die sich auf die Materialeigenschaften auswirken.

1.3 Bedeutung von Molybdän-Kupferblechen in der Materialwissenschaft

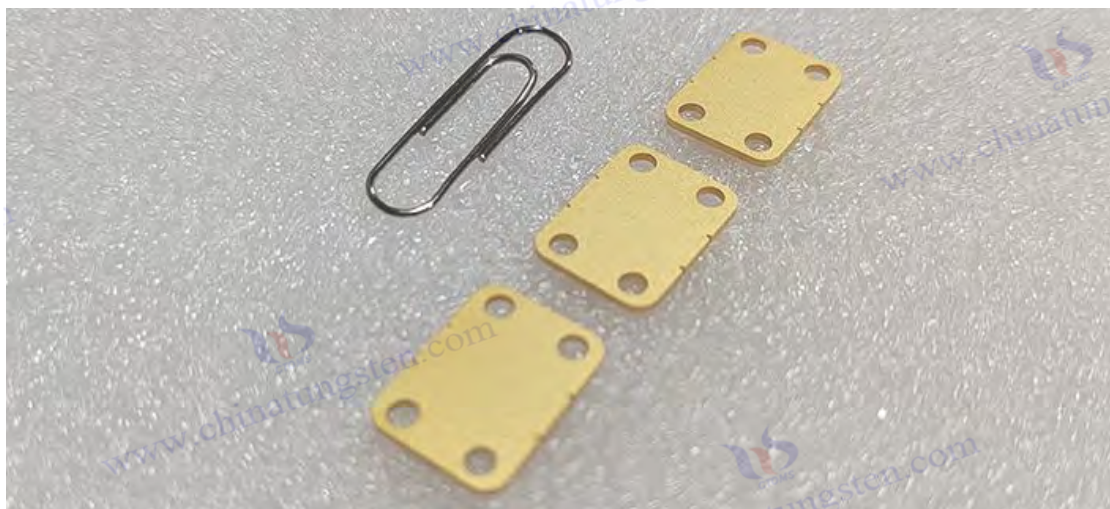
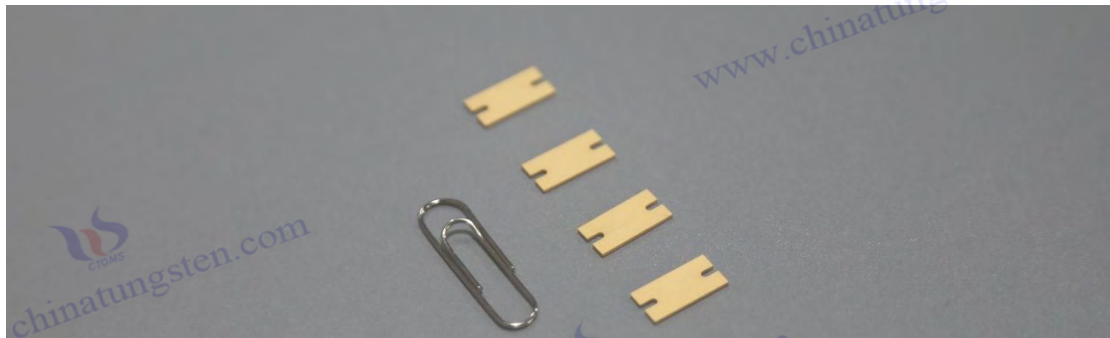
Molybdänkupferbleche sind in der Materialwissenschaft und im Maschinenbau von großer Bedeutung. Besonders hervorzuheben sind ihre Leistungen im Bereich des Wärmemanagements. Mit der Entwicklung elektronischer Geräte hin zu hoher Leistungsdichte und Miniaturisierung ist das Wärmemanagement zum Schlüsselfaktor für Leistung und Lebensdauer geworden. Dank ihrer hervorragenden Wärmeleitfähigkeit und ihres Wärmeausdehnungskoeffizienten, der dem von keramischen Werkstoffen (wie Aluminiumoxid und Siliziumnitrid) ähnelt, eignen sich Molybdänkupferbleche ideal für Elektronikgehäuse, Leistungshalbleiterbauelemente (wie IGBTs, MOSFETs), Mikrowellengeräte und Laserkühlkörper. Sie leiten Wärme effektiv und reduzieren durch thermische Spannungen verursachte Risse an den Schnittstellen, wodurch die Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Geräte verbessert wird.

Im Bereich der Hochleistungselektronik machen die elektrischen und thermischen Leitfähigkeiten von Molybdän-Kupfer-Blechen diese zum Kernmaterial für 5G-Kommunikationsgeräte und Leistungsmodule für Fahrzeuge mit alternativen Antrieben. Ihre anpassbare Leistung unterstützt unterschiedliche Gerätedesignanforderungen und fördert die Entwicklung elektronischer Geräte hin zu höherer Leistung und Miniaturisierung. Darüber hinaus bieten der hohe Schmelzpunkt und die Korrosionsbeständigkeit von Molybdän-Kupfer-Blechen erhebliche Vorteile in extremen Umgebungen, wie beispielsweise in Wärmetauscherkomponenten von Hochtemperaturreaktoren in der Nuklearindustrie und Hochtemperaturkomponenten von Triebwerken in der Luft- und Raumfahrt. Dies beweist ihre Zuverlässigkeit und Stabilität unter rauen Bedingungen. Molybdän-Kupfer-Platten haben auch die Weiterentwicklung der Verbundwerkstoff-Design- und -Herstellungstechnologie vorangetrieben.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Die Erforschung von Grenzflächenoptimierung, Mikrostrukturregulierung und neuen Herstellungsverfahren hat nicht nur die Leistungsfähigkeit von Molybdän-Kupfer-Platten verbessert, sondern auch theoretische und praktische Referenzen für die Entwicklung anderer metallbasierter Verbundwerkstoffe (wie Wolfram-Kupfer und Aluminium-Silizium) geliefert und die interdisziplinäre Integration multifunktionaler Materialdesignkonzepte gefördert. Darüber hinaus ist der Herstellungsprozess von Molybdän-Kupfer-Platten ausgereift, die Rohstoffe Molybdän und Kupfer sind reichlich vorhanden und recycelbar, die Kosten sind relativ niedrig, und die Herstellung ist wirtschaftlich und nachhaltig, sodass sie sich für die Großserienproduktion und -anwendung eignet.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Molybdänkupferbleche aufgrund ihrer einzigartigen thermoelektrischen und mechanischen Eigenschaften sowie ihrer Einstellbarkeit eine Schlüsselrolle im Wärmemanagement, in leistungsstarken elektronischen Geräten und in Anwendungen unter extremen Bedingungen spielen. Ihre Erforschung und Anwendung erfüllt nicht nur den Bedarf der modernen Industrie an Hochleistungsmaterialien, sondern fördert auch die innovative Entwicklung der Materialwissenschaften. Mit dem technologischen Fortschritt werden die Leistungsoptimierung und die Anwendungsbereiche von Molybdänkupferblechen weiter ausgebaut und leisten einen wichtigen Beitrag zum wissenschaftlichen und industriellen Fortschritt.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Kupferblech Bild

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

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Copper Sheets Introduction

1. Overview of Molybdenum Copper Sheets

Molybdenum-copper (Mo-Cu) sheets are composite materials composed of molybdenum and copper. Thanks to their unique combination of thermal, electrical, and mechanical properties, as well as their tunability, Mo-Cu sheets are widely used in fields such as thermal management, high-performance electronic devices, semiconductors, and aerospace. They are commonly utilized as packaging materials, integrated circuit substrates, heat sinks, and LED thermal dissipation substrates. At CTIA GROUP LTD, we can customize molybdenum-copper products with specific dimensions and compositions according to customer requirements.

2. Features of Molybdenum Copper Sheets

- Excellent Electrical Conductivity:** Suitable for applications requiring efficient electrical connections.
- High Thermal Conductivity:** Capable of rapid heat transfer, ideal for electronic devices that require effective thermal dissipation.
- Low Coefficient of Thermal Expansion:** Highly compatible with semiconductor materials like silicon, helping to minimize thermal stress caused by temperature fluctuations and preventing deformation or damage to components.
- Good Workability:** Can be processed through cutting and other techniques into parts of various sizes and shapes to meet diverse application needs.

3. Typical Properties of Molybdenum-Copper Alloys

Material Composition	Density (g/cm³)	Thermal Conductivity (W/M·K at 25°C)	Thermal Expansion Coefficient (10 ⁻⁶ /°C)
Mo85Cu15	10.00	160-180	6.8
Mo80Cu20	9.90	170-190	7.7
Mo70Cu30	9.80	180-200	9.1
Mo60Cu40	9.66	210-250	10.3
Mo50Cu50	9.54	230-270	11.5

4. Production Method of Molybdenum Copper Sheets

The preparation of molybdenum-copper sheets is primarily carried out using the infiltration method, which takes advantage of molybdenum's high melting point and copper's excellent fluidity. In this process, copper is infiltrated into a molybdenum preform at high temperatures, resulting in the formation of a dense molybdenum-copper composite material.

5. Purchasing Information

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

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kapitel 2 Materialeigenschaften von Molybdän-Kupferblech

2.1 Grundlegende Eigenschaften von Molybdän und Kupfer

Molybdän und Kupfer sind die Hauptbestandteile von Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffen, und ihre jeweiligen physikalischen und chemischen Eigenschaften bestimmen die Leistungsfähigkeit der Verbundwerkstoffe. Molybdän ist ein hochschmelzendes Übergangsmetall mit einem Schmelzpunkt von ca. 2623 °C. Es verfügt über eine ausgezeichnete Hochtemperaturbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Sein niedriger Wärmeausdehnungskoeffizient (ca. $4,8 \times 10^{-6}/K$ bei 25 °C) ermöglicht die Aufrechterhaltung der Dimensionsstabilität in Hochtemperaturumgebungen. Molybdän hat eine hohe Festigkeit, aber seine elektrische Leitfähigkeit (ca. 18 % IACS) und Wärmeleitfähigkeit (ca. 138 W/m·K) sind relativ niedrig. Kupfer ist bekannt für seine hohe elektrische Leitfähigkeit (nahezu 100 % IACS) und hohe Wärmeleitfähigkeit (ca. 401 W/m·K). Sein Schmelzpunkt liegt bei 1085 °C, was es zu einem idealen Material für Wärmemanagement und Stromübertragung macht, allerdings hat es einen hohen Wärmeausdehnungskoeffizienten (etwa $16,5 \times 10^{-6}/K$ bei 25 °C) und seine Festigkeit nimmt bei hohen Temperaturen ab.

Molybdän und Kupfer sind auf atomarer Ebene nicht vollständig ineinander löslich und bilden eine Zweiphasenstruktur: Molybdän bildet das Skelett und sorgt für strukturellen Halt und hohe Temperaturbeständigkeit; Kupfer füllt die Poren und bildet ein thermisch und elektrisch leitfähiges Netzwerk. Diese Komplementarität ermöglicht Molybdän-Kupfer-Platten ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Wärmeleitfähigkeit, elektrischer Leitfähigkeit und mechanischen Eigenschaften und erfüllt so die Anforderungen der Elektronik, der Luft- und Raumfahrt und anderer Bereiche.

2.2 Dichte von Molybdän-Kupferblech

Molybdänkupferblechen beeinflusst das Materialgewicht, die Wärmeleitfähigkeit und die Anwendbarkeit im jeweiligen Anwendungsszenario. Die Dichte hängt vom Verhältnis von Molybdän zu Kupfer ab und liegt zwischen der Dichte von Molybdän (10,28 g/cm³) und der Dichte von Kupfer (8,96 g/cm³). Molybdänkupferbleche mit hohem Molybdängehalt haben eine höhere Dichte und eignen sich für Anwendungen, die hohe Festigkeit und Temperaturbeständigkeit erfordern, wie z. B. Hochtemperatur-Luftfahrtteile. Molybdänkupferbleche mit hohem Kupfergehalt haben eine geringere Dichte, was zur Gewichtsreduzierung beiträgt und sich für die Leichtbauweise tragbarer elektronischer Geräte und der Luft- und Raumfahrt eignet. Der Herstellungsprozess hat einen erheblichen Einfluss auf die Dichte: Pulvermetallurgische Verfahren können durch Hochdruckformen und Hochtemperaturesintern Materialien nahe der theoretischen Dichte erzeugen, die üblicherweise über 98 % liegt. Schmelzinfiltrationsverfahren können aufgrund von Restporen eine etwas geringere Dichte ergeben. Die Dichte beeinflusst auch die Wärmekapazität und die Wärmeleitfähigkeit. Eine geringe Dichte geht üblicherweise mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit einher, kann aber zu Lasten der Hochtemperaturstabilität gehen. Daher ist die Dichte ein wichtiger Parameter, der bei der Konstruktion von Molybdänkupferblechen berücksichtigt werden muss.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.3 Mechanische Eigenschaften von Molybdän-Kupferblech

Molybdänkupferbleche zeichnen sich durch Härte, Zähigkeit und Festigkeit aus, die ihre Leistung unter mechanischer Belastung und Verformung bestimmen. Die hohe Festigkeit von Molybdän und die Duktilität von Kupfer prägen gemeinsam die mechanischen Eigenschaften von Molybdänkupferblechen. Die spezifischen Eigenschaften variieren je nach Zusammensetzung und Herstellungsverfahren.

2.3.1 Härte von Molybdän-Kupferblech

Die Härte gibt die Widerstandsfähigkeit von Molybdän-Kupfer-Blechen gegen lokale Verformungen und Verschleiß an und wird üblicherweise in der Vickershärte (HV) gemessen. Die hohe Härte von Molybdän (ca. 230–250 HV) verleiht dem Verbundwerkstoff eine hervorragende Verschleißfestigkeit, während die geringere Härte von Kupfer (ca. 50–70 HV) das Material mit hohem Kupferanteil flexibler macht.

Molybdänkupferbleche mit hohem Molybdängehalt (z. B. Mo85Cu15) haben eine höhere Härte, die der von Molybdän nahekommt, und eignen sich für verschleißfeste Wärmeableitungssubstrate in elektronischen Gehäusen. Molybdänkupferbleche mit hohem Kupfergehalt haben eine geringere Härte, aber eine bessere Duktilität und eignen sich für Anwendungen, die ein gewisses Maß an Flexibilität erfordern. Das Heißpressintervallverfahren erhöht Dichte und Härte durch hohe Temperaturen und hohen Druck. Ist das pulvermetallurgische Verfahren unzureichend gesintert, kann die Härte aufgrund von Poren reduziert sein. Dank ihrer Härte halten Molybdänkupferbleche Belastungen bei Bearbeitung und Montage stand und behalten ihre Oberflächenintegrität auch bei hohen Temperaturen.

2.3.2 Zähigkeit von Molybdän-Kupferblech

Zähigkeit beschreibt die Fähigkeit von Molybdän-Kupfer-Blechen, Energie zu absorbieren und Bruch zu widerstehen. Sie ist ein Schlüsselfaktor bei dynamischer Belastung oder in stoßfesten Umgebungen. Reines Molybdän hat eine geringe Zähigkeit und ist spröde, während Kupfer eine ausgezeichnete Duktilität und Zähigkeit aufweist. Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffe verbessern die Gesamtzähigkeit und vermeiden Sprödbüche durch Kupferzusatz. Molybdän-Kupfer-Bleche mit hohem Kupferanteil (z. B. Mo60Cu40) weisen eine gute Zähigkeit auf und eignen sich für Wärmemanagementanwendungen, die Schlagfestigkeit erfordern. Materialien mit hohem Molybdänanteil (z. B. Mo85Cu15) haben eine geringere Zähigkeit, aber eine höhere Festigkeit und eignen sich für hohe Festigkeitsanforderungen.

Durch Schmelzinfiltration hergestellte Molybdänkupferbleche weisen aufgrund der gleichmäßigen Verteilung der Kupferphase in der Regel eine höhere Zähigkeit auf als pulvermetallurgische Produkte. Die Qualität der Grenzflächenbindung ist entscheidend für die Zähigkeit. Eine gute Molybdänkupfer-Grenzfläche kann Spannungen effektiv übertragen und die Rissausbreitung reduzieren. Die Zähigkeit des Molybdänkupferblechs ermöglicht es ihm, Stößen und zyklischen Belastungen in der Luft- und Raumfahrt oder in Umgebungen mit starken Vibrationen standzuhalten und so seine Lebensdauer zu verlängern.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.3.3 Duktilität von Mo-Cu-Blechen

Duktilität beschreibt die Fähigkeit von Molybdän-Kupferblechen, sich unter Belastung plastisch zu verformen, ohne zu brechen. Sie ist eine wichtige Eigenschaft für die Anpassung an komplexe Formen oder Verformungsanforderungen bei der Verarbeitung und Anwendung. Molybdän weist eine geringe Duktilität auf und ist spröder, während Kupfer eine ausgezeichnete Duktilität aufweist (Dehnung kann 40–50 % erreichen) und beim Strecken oder Biegen eine große Menge an Verformungsenergie aufnehmen kann.

Molybdän -Kupfer- Verbundwerkstoffe werden hauptsächlich durch den Kupfergehalt beeinflusst. Molybdän-Kupfer-Bleche mit hohem Kupfergehalt (wie Mo60Cu40) weisen eine gute Duktilität auf und halten großen plastischen Verformungen stand. Sie eignen sich für elektronische Gehäuse oder Wärmemanagementkomponenten, die ein Formverfahren erfordern; Molybdän-Kupfer-Bleche mit hohem Molybdängehalt (wie Mo85Cu15) weisen eine geringere Duktilität auf und neigen zu steiferen Strukturen, die sich für Szenarien mit hohen Festigkeitsanforderungen eignen.

Auch der Herstellungsprozess beeinflusst die Duktilität. Das Schmelzinfiltrationsverfahren kann die Duktilität durch eine gleichmäßig verteilte Kupferphase verbessern, während das pulvermetallurgische Verfahren die Duktilität verringern kann, wenn Poren oder eine schlechte Grenzflächenbindung vorhanden sind. Die Duktilität von Molybdän-Kupfer-Blechen bietet einen Verarbeitungsvorteil bei der Herstellung komplex geformter Wärmeableitungssubstrate oder Luft- und Raumfahrtkomponenten und verringert gleichzeitig das Risiko von Sprödbrüchen unter zyklischer Belastung.

2.3.4 Mechanische Festigkeit von Molybdän-Kupferblech

Die mechanische Festigkeit bezeichnet die Widerstandsfähigkeit von Molybdänkupferblechen gegenüber äußeren Beschädigungen. Sie wird üblicherweise durch die Zugfestigkeit oder Streckgrenze definiert und ist eine Schlüsselfunktion bei strukturellen Anwendungen. Molybdän hat eine hohe Zugfestigkeit (ca. 600–800 MPa, je nach Verarbeitungszustand) und bietet dadurch Verbundwerkstoffen eine solide mechanische Unterstützung. Kupfer hingegen hat eine geringere Zugfestigkeit (ca. 200–250 MPa), trägt aber zur Verbesserung der Duktilität des Materials bei. Molybdänkupferbleche mit hohem Molybdängehalt (z. B. Mo85Cu15) weisen eine hohe mechanische Festigkeit auf, die nahe an der von Molybdän liegt, und eignen sich für hochbelastete Hochtemperaturkomponenten in der Luft- und Raumfahrt oder für Substrate elektronischer Geräte.

Molybdänkupferbleche mit hohem Kupfergehalt (z. B. Mo60Cu40) haben eine geringere Festigkeit, sind aber flexibler und für Anwendungen geeignet, die eine gewisse Verformung erfordern. Das Heißpressintervallverfahren kann die mechanische Festigkeit durch Erhöhung der Materialdichte deutlich steigern, während das pulvermetallurgische Verfahren bei unzureichender Sinterung aufgrund von Porosität zu einem Festigkeitsverlust führen kann. Dank ihrer mechanischen Festigkeit halten Molybdän-Kupfer-Bleche den Montagebelastungen in elektronischen Gehäusen stand, behalten ihre strukturelle Stabilität auch bei hohen Temperaturen und erfüllen hohe Zuverlässigkeitsanforderungen.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.3.5 Ermüdungsbeständigkeit von Molybdän-Kupferblechen

Die Ermüdungsbeständigkeit spiegelt die Fähigkeit von Molybdänkupferblechen wider, der Rissbildung und -ausbreitung unter zyklischer Belastung zu widerstehen, und ist eine wichtige Eigenschaft in dynamischen oder vibrierenden Umgebungen. Reines Molybdän weist eine geringe Ermüdungsbeständigkeit auf und neigt unter zyklischer Belastung zu Mikrorissen, während die hervorragende Duktilität und Zähigkeit von Kupfer dazu beitragen, zyklische Belastungen zu absorbieren und die Lebensdauer zu verbessern. Die Ermüdungsbeständigkeit von Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffen verbessert sich mit steigendem Kupfergehalt. Molybdänkupferbleche mit hohem Kupfergehalt (wie Mo60Cu40) weisen eine längere Lebensdauer unter zyklischer Belastung auf und eignen sich für Umgebungen mit starken Vibrationen, wie z. B. Wärmemanagementkomponenten von Luft- und Raumfahrtgeräten. Molybdänkupferbleche mit hohem Molybdängehalt (wie Mo85Cu15) weisen eine etwas geringere Ermüdungsbeständigkeit auf, können aber aufgrund ihrer hohen Festigkeit höheren Spannungsamplituden standhalten. Der Herstellungsprozess hat einen erheblichen Einfluss auf die Ermüdungsbeständigkeit. Durch Schmelzinfiltration hergestellte Molybdänkupferbleche können aufgrund ihrer gleichmäßigen Kupferphasenverteilung und guten Grenzflächenhaftung die Rissausbreitung wirksam hemmen. Pulvermetallurgische Verfahren können bei Mikroporen oder Grenzflächendefekten Ermüdungsbrüche beschleunigen. Die Ermüdungsbeständigkeit von Molybdänkupferblechen ermöglicht es ihnen, langfristigen zyklischen Belastungen in Leistungshalbleiterbauelementen oder Hochtemperaturkomponenten der Luft- und Raumfahrt standzuhalten und so langfristige Zuverlässigkeit zu gewährleisten.

2.4 Chemische Eigenschaften von Molybdän-Kupferblechen

Molybdän -Kupfer-Bleche, einschließlich Korrosionsbeständigkeit, Oxidationsbeständigkeit sowie Säure- und Laugenbeständigkeit, bestimmen ihre Stabilität und Lebensdauer in aggressiven chemischen Umgebungen. Die chemischen Eigenschaften von Molybdän und Kupfer unterscheiden sich deutlich. Molybdän weist eine ausgezeichnete Korrosions- und Oxidationsbeständigkeit auf, während Kupfer in bestimmten Umgebungen anfällig für Oxidation oder Korrosion ist. Die chemischen Eigenschaften von Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffen werden durch den synergistischen Effekt der Zweiphasenstruktur optimiert, wobei die spezifische Leistung durch das Zusammensetzungsverhältnis, die Mikrostruktur und den Herstellungsprozess beeinflusst wird.

2.4.1 Korrosionsbeständigkeit von Molybdän-Kupferblech

Die Korrosionsbeständigkeit beschreibt die Widerstandsfähigkeit von Molybdän-Kupferblechen gegenüber Oberflächenerosion und Leistungseinbußen bei Kontakt mit korrosiven Medien (wie Feuchtigkeit, Salznebel oder chemischen Gasen). Molybdän weist eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit auf und bleibt in verschiedenen chemischen Umgebungen stabil, insbesondere in nichtoxidierenden Säuren und Salzlösungen. Kupfer hingegen weist eine schwache Korrosionsbeständigkeit auf, insbesondere in feuchter oder chlorhaltiger Umgebung, und neigt zu elektrochemischer Korrosion. Die Korrosionsbeständigkeit von Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

wird hauptsächlich durch die Molybdänphase bestimmt. Molybdän-Kupferbleche mit hohem Molybdängehalt (z. B. Mo85Cu15) weisen eine gute Stabilität in korrosiven Umgebungen auf und eignen sich für Wärmemanagementkomponenten in der Luft- und Raumfahrt oder im maritimen Bereich. Molybdän-Kupferbleche mit hohem Kupfergehalt (z. B. Mo60Cu40) weisen eine etwas geringere Korrosionsbeständigkeit auf und können in Umgebungen mit hoher Feuchtigkeit oder Salznebel Kupferphasenkorrosion aufweisen. Der Herstellungsprozess beeinflusst die Korrosionsbeständigkeit. Das Heißpressintervallverfahren kann das Eindringen korrosiver Medien durch Erhöhung der Dichte und Verkleinerung der Poren verringern; das pulvermetallurgische Verfahren kann lokale Korrosion beschleunigen, wenn Mikroporen vorhanden sind. Die Korrosionsbeständigkeit von Molybdän-Kupferblechen ermöglicht es ihnen, ihre Leistung in elektronischen Verpackungen und Hochtemperaturumgebungen lange aufrechtzuerhalten und so die Lebensdauer des Geräts zu verlängern.

2.4.2 Antioxidationseigenschaften von Molybdän-Kupferblechen

Die Antioxidationsleistung bezieht sich auf die Fähigkeit von Molybdänkupferblechen, Oxidationsreaktionen und Oberflächenoxidation in Umgebungen mit hohen Temperaturen oder Sauerstoff zu widerstehen. Molybdän reagiert leicht mit Sauerstoff und bildet flüchtige Oxide (wie MoO₃) bei hohen Temperaturen (über etwa 600 °C), aber seine Oxidationsrate ist langsam und die Verteilung der Kupferphase in Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffen kann die Oxidationsneigung von Molybdän teilweise verringern. Kupfer bildet bei Raumtemperatur eine dichte Schutzschicht aus Kupferoxid (Cu₂O), die eine gewisse Oxidationsbeständigkeit aufweist, aber bei hohen Temperaturen (über etwa 300 °C) leicht weiter oxidiert und lose Oxide (CuO) bildet, was die Leistung verringert. Molybdän-Kupferbleche mit hohem Molybdängehalt (wie Mo85Cu15) weisen eine gute Oxidationsbeständigkeit bei hohen Temperaturen auf und eignen sich für Hochtemperatur-Luftfahrtkomponenten oder Wärmeableitungssubstrate von Leistungshalbleitern; Molybdän-Kupferbleche mit hohem Kupfergehalt (wie Mo60Cu40) weisen in oxidativen Hochtemperaturumgebungen eine etwas schlechtere Leistung auf und dürfen nicht über längere Zeit sauerstoffhaltigen Hochtemperaturumgebungen ausgesetzt werden.

Oberflächenbehandlungen (z. B. Vernickeln oder Vergolden) oder die Optimierung des Herstellungsprozesses (z. B. Heißpressen zur Erhöhung der Dichte) können die Oxidationsbeständigkeit deutlich verbessern und die Oxidbildung reduzieren. Die Oxidationsbeständigkeit von Molybdänkupferblechen ermöglicht die Aufrechterhaltung der strukturellen und funktionellen Stabilität in Hochtemperatur-Elektronikgeräten oder industriellen Umgebungen.

2.4.3 Säure- und Laugenbeständigkeit von Molybdän-Kupferblech

Die Säure- und Laugenbeständigkeit spiegelt die chemische Stabilität von Molybdänkupferblechen in sauren oder alkalischen Umgebungen wider und ist ein wichtiges Merkmal in der chemischen Verarbeitung oder in bestimmten industriellen Umgebungen. Molybdän weist eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit gegenüber nicht oxidierenden Säuren (wie Salzsäure und Schwefelsäure) auf, korrodiert jedoch leicht in stark oxidierenden Säuren (wie Salpetersäure). Kupfer reagiert empfindlich auf die meisten sauren Umgebungen, ist insbesondere in oxidierenden Säuren löslich, in schwach

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

alkalischen Umgebungen jedoch relativ stabil.

Die Säure- und Laugenbeständigkeit von Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffen wird durch den hohen Molybdängehalt verbessert. Molybdän-Kupferbleche mit hohem Molybdängehalt (z. B. Mo85Cu15) weisen eine gute Stabilität in nicht oxidierenden Säuren und schwach alkalischen Umgebungen auf und eignen sich für Wärmemanagementkomponenten in der chemischen Industrie. Molybdän-Kupferbleche mit hohem Kupfergehalt (z. B. Mo60Cu40) weisen in sauren Umgebungen eine schlechte Korrosionsbeständigkeit auf und sollten nicht mit starken Säuren in Berührung kommen.

Der Herstellungsprozess beeinflusst die Säure- und Laugenbeständigkeit. Das Schmelzinfiltrationsverfahren kann durch eine gleichmäßige Kupferphasenverteilung das Risiko lokaler Korrosion verringern. Poren im Pulvermetallurgieverfahren können das Eindringen von Säuren und Laugen verursachen und die Korrosion beschleunigen. Die Säure- und Laugenbeständigkeit von Molybdänkupferblechen ermöglicht es, die Leistungsfähigkeit in der Herstellung elektronischer Geräte oder in chemischen Umgebungen aufrechtzuerhalten und so spezifische Anwendungsanforderungen zu erfüllen.

2.5 Thermische Eigenschaften von Molybdän-Kupferblech

Molybdänkupferbleche zeichnen sich durch ihre Wärmeleitfähigkeit und Temperaturleitfähigkeit, ihr Wärmeausdehnungsverhalten und ihre Stabilität sowie ihre hohe Temperaturbeständigkeit aus. Dies sind ihre Hauptvorteile im Wärmemanagement, bei Hochtemperaturanwendungen und in elektronischen Geräten. Die thermischen Eigenschaften von Molybdän und Kupfer ergänzen sich: Kupfer bietet eine hohe Wärmeleitfähigkeit, Molybdän hingegen eine geringe Wärmeausdehnung und hohe Temperaturbeständigkeit. Dadurch sind Molybdänkupferbleche ein ideales Wärmemanagementmaterial in den Bereichen Elektronikverpackung, Luft- und Raumfahrt und Energie. Die thermischen Eigenschaften werden maßgeblich durch das Molybdän-Kupfer-Verhältnis, die Mikrostruktur und den Herstellungsprozess beeinflusst.

2.5.1 Wärmeleitfähigkeit und Temperaturleitfähigkeit

Wärmeleitfähigkeit und Temperaturleitfähigkeit sind wichtige Parameter zur Messung der Wärmeleitfähigkeit von Molybdänkupferblechen und wirken sich direkt auf ihre Leistung bei der Wärmeableitung und dem Wärmemanagement aus. Kupfer hat eine extrem hohe Wärmeleitfähigkeit (ca. 401 W/ m·K) und ist ein ausgezeichneter Wärmeleiter, während Molybdän eine geringere Wärmeleitfähigkeit aufweist.

Die Wärmeleitfähigkeit von Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffen steigt mit zunehmendem Kupfergehalt. Molybdän-Kupfer-Bleche mit hohem Kupfergehalt (wie Mo60Cu40) haben eine hohe Wärmeleitfähigkeit von nahe 200–250 W/ m·K , was sich für Wärmeableitungssubstrate von Leistungshalbleiterbauelementen und Mikrowellenbauelementen eignet. Molybdän-Kupfer-Bleche mit hohem Molybdängehalt haben eine niedrige Wärmeleitfähigkeit von etwa 150–180 W/ m·K , sind aber

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

immer noch besser als viele herkömmliche Materialien und eignen sich für Szenarien, in denen sowohl Festigkeit als auch Wärmeleitfähigkeit erforderlich sind. Die Temperaturleitfähigkeit spiegelt die Fähigkeit eines Materials wider, Wärme schnell zu leiten, was mit der Wärmeleitfähigkeit und der Dichte zusammenhängt. Molybdän-Kupfer-Bleche mit hohem Kupfergehalt haben eine hohe Temperaturleitfähigkeit, die dabei hilft, Wärme schnell abzuleiten. Der Herstellungsprozess hat einen erheblichen Einfluss auf die Wärmeleitfähigkeit. Das Heißpress-Sinterverfahren verbessert die Wärmeleitfähigkeit durch Erhöhung der Dichte. Das Pulvermetallurgieverfahren kann die Wärmeleitfähigkeit verringern, wenn Poren vorhanden sind. Die hervorragende Wärmeleitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit von Molybdän-Kupfer-Blechen ermöglichen eine effektive Wärmeableitung in elektronischen Hochleistungsgeräten und verbessern so die Leistung und Lebensdauer der Geräte.

2.5.2 Wärmeausdehnungsverhalten und Stabilität

Das Wärmeausdehnungsverhalten und die Stabilität spiegeln den Grad der Maßänderung von Molybdänkupferblechen bei Temperaturänderungen und ihre strukturelle Stabilität wider, die wichtige Eigenschaften für ihre Anwendung in Umgebungen mit thermischen Zyklen sind. Molybdän hat einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten (ca. $4,8 \times 10^{-6}/K$ bei $25\text{ }^{\circ}C$) und kann daher temperaturbedingter Verformung wirksam widerstehen. Kupfer hat einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten (ca. $16,5 \times 10^{-6}/K$ bei $25\text{ }^{\circ}C$), wodurch leicht thermische Spannungen entstehen können. Der Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffen liegt dazwischen und nimmt mit steigendem Molybdängehalt ab. Molybdänkupferbleche mit hohem Molybdängehalt (wie Mo85Cu15) haben einen Wärmeausdehnungskoeffizienten nahe $5-7 \times 10^{-6}/K$, der mit keramischen Materialien (wie Aluminiumoxid und Siliziumnitrid) vergleichbar ist und zur Verringerung von durch thermische Spannung verursachten Schnittstellenrissen in elektronischen Gehäusen geeignet ist. Molybdän-Kupfer-Bleche mit hohem Kupferanteil (z. B. Mo60Cu40) haben einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten von etwa $8-10 \times 10^{-6}/K$ und eignen sich daher für Wärmeableitungsanwendungen mit geringeren Anforderungen an die Wärmeausdehnung. Die Stabilität der Wärmeausdehnung wird auch von der Mikrostruktur beeinflusst. Eine gleichmäßige Molybdän-Kupfer-Grenzfläche und eine dichte Struktur können die thermische Spannungskonzentration reduzieren. Das Heißpress-Sinterverfahren verbessert die Stabilität der Wärmeausdehnung durch Optimierung der Grenzflächenbindung, während pulvermetallurgische Verfahren bei Defekten zu lokaler Spannungskonzentration führen können. Die geringe Wärmeausdehnung und die hohe Stabilität von Molybdän-Kupfer-Blechen ermöglichen die Aufrechterhaltung der strukturellen Integrität in Umgebungen mit hohen Temperaturzyklen und verlängern die Lebensdauer des Geräts.

2.5.3 Hohe Temperaturbeständigkeit

Die hohe Temperaturbeständigkeit spiegelt die Fähigkeit von Molybdänkupferblechen wider, in Hochtemperaturumgebungen physikalisch und chemisch stabil zu bleiben. Dies ist eine wichtige Eigenschaft in der Luft- und Raumfahrt, der Nuklearindustrie und bei Hochtemperatur-Elektronikgeräten. Der hohe Schmelzpunkt von Molybdän (ca. $2623\text{ }^{\circ}C$) verleiht Verbundwerkstoffen eine ausgezeichnete Hochtemperaturbeständigkeit, während der niedrige Schmelzpunkt von Kupfer ($1085\text{ }^{\circ}C$) die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Anwendung von Materialien mit hohem Kupfergehalt bei extrem hohen Temperaturen einschränkt. Molybdänkupferbleche mit hohem Molybdängehalt (z. B. Mo85Cu15) behalten ihre stabile Struktur und Leistung bei hohen Temperaturen von 600–800 °C und eignen sich für Komponenten von Luft- und Raumfahrt-Triebwerken oder Wärmetauscherkomponenten von Kernreaktoren. Molybdänkupferbleche mit hohem Kupfergehalt (z. B. Mo60Cu40) weisen eine etwas geringere Hochtemperaturbeständigkeit auf. Die empfohlene Betriebstemperatur liegt unter 400 °C, um ein Erweichen oder eine Oxidation der Kupferphase zu vermeiden. Der Herstellungsprozess hat einen wichtigen Einfluss auf die Hochtemperaturbeständigkeit. Das Heißpressintervall verbessert die Hochtemperaturstabilität durch Erhöhung der Dichte und Grenzflächenfestigkeit. Eine ungleichmäßige Verteilung der Kupferphase beim Schmelzinfiltrationsverfahren kann bei hohen Temperaturen zu Leistungseinbußen führen. Eine Oberflächenbehandlung (z. B. Vernickeln) kann die Hochtemperaturbeständigkeit weiter verbessern und die Oxidation bei hohen Temperaturen reduzieren. Die hohe Temperaturbeständigkeit von Molybdänkupferblechen ermöglicht einen langen Einsatz in rauen thermischen Umgebungen und erfüllt hohe Zuverlässigkeitsanforderungen.

2.6 Elektrische Eigenschaften von Molybdän-Kupferblechen

Molybdän -Kupfer-Platten mit ihren Leitfähigkeits- und Widerstandseigenschaften, ihrer elektrischen Kontaktleistung und ihrer elektrochemischen Stabilität sind der Schlüssel zu ihrer Anwendung in elektronischen Geräten, Leistungsmodulen und leitfähigen Komponenten. Die hohe Leitfähigkeit von Kupfer in Kombination mit der strukturellen Stabilität von Molybdän verleiht Molybdän-Kupfer-Platten einzigartige Vorteile hinsichtlich ihrer elektrischen Eigenschaften und erfüllen die Anforderungen leistungstarker elektronischer Geräte an Leitfähigkeit und Zuverlässigkeit. Die elektrischen Eigenschaften werden durch das Molybdän-Kupfer-Verhältnis, die Mikrostruktur und den Herstellungsprozess beeinflusst.

2.6.1 Leitfähigkeits- und Widerstandseigenschaften

Die Leitfähigkeits- und Widerstandseigenschaften spiegeln die Fähigkeit von Molybdänkupferblechen wider, Strom zu leiten und sind ihre Kernleistung in leitfähigen Anwendungen. Kupfer hat eine extrem hohe Leitfähigkeit (nahe 100 % IACS, internationaler Standard für geglähtes Kupfer) und ist ein ausgezeichnetes leitfähiges Material, während Molybdän eine geringere Leitfähigkeit (ca. 18 % IACS) aufweist. Die Leitfähigkeit von Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffen steigt mit zunehmendem Kupfergehalt. Molybdänkupferbleche mit hohem Kupfergehalt (wie Mo60Cu40) haben eine hohe Leitfähigkeit von nahe 30–40 % IACS, was sich für leitfähige Substrate von Leistungshalbleiterbauelementen und Mikrowellengeräten eignet ; Molybdänkupferbleche mit hohem Molybdängehalt (wie Mo85Cu15) haben eine niedrige Leitfähigkeit von ca. 20–25 % IACS, die aber immer noch ausreicht, um die Anforderungen vieler elektronischer Anwendungen zu erfüllen.

Der Widerstand steht in direktem Zusammenhang mit der Leitfähigkeit. Molybdänkupferbleche mit hohem Kupferanteil weisen einen geringen Widerstand auf, was Leistungsverluste und Wärmeentwicklung reduziert. Der Herstellungsprozess beeinflusst die Leitfähigkeit maßgeblich. Das

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Heißpress- Sinterverfahren kann die Leitfähigkeit durch Erhöhung der Dichte und Optimierung der Molybdän-Kupfer-Grenzfläche verbessern; das pulvermetallurgische Verfahren kann den Widerstand bei Poren oder Grenzflächendefekten erhöhen. Die hervorragende Leitfähigkeit und der geringe Widerstand von Molybdänkupferblechen ermöglichen eine effiziente Stromleitung in elektronischen Hochleistungsgeräten, reduzieren Energieverluste und verbessern die Geräteleistung.

2.6.2 Elektrische Kontakteigenschaften

Die elektrische Kontaktleistung beschreibt die Fähigkeit von Molybdänkupferblechen, einen niedrigen Kontaktwiderstand und eine stabile elektrische Verbindung an elektrischen Kontaktstellen (wie Steckverbindern oder Elektroden) aufrechtzuerhalten. Der niedrige Kontaktwiderstand und die hohe Leitfähigkeit von Kupfer machen es zu einem idealen Kontaktmaterial. Die hohe Härte und Verschleißfestigkeit von Molybdän tragen zur mechanischen Stabilität der Kontaktstelle bei.

Die Leistung von Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffen verbessert sich mit steigendem Kupfergehalt. Molybdän-Kupfer-Bleche mit hohem Kupfergehalt (z. B. Mo60Cu40) weisen einen geringen Kontaktwiderstand auf und eignen sich für elektrische Verbindungskomponenten in elektronischen Hochstromgeräten, beispielsweise als leitfähige Substrate von Leistungsmodulen. Molybdän-Kupfer-Bleche mit hohem Molybdängehalt (z. B. Mo85Cu15) weisen einen etwas höheren Kontaktwiderstand auf, sind aber aufgrund ihrer hohen Härte verschleißfest und eignen sich für Anwendungen, die einen langfristig stabilen Kontakt erfordern. Oberflächenbehandlungen (z. B. Versilbern oder Vergolden) können den Kontaktwiderstand weiter reduzieren und die Verschleißfestigkeit verbessern. Der Herstellungsprozess hat einen wichtigen Einfluss auf die elektrische Kontaktleistung. Das Schmelzinfiltrationsverfahren kann die Kontaktschnittstelle durch eine gleichmäßige Kupferphasenverteilung optimieren ; das pulvermetallurgische Verfahren kann bei vorhandenen Mikroporen den Kontaktwiderstand erhöhen. Die elektrische Kontaktleistung von Molybdän-Kupfer-Blechen ermöglicht zuverlässige elektrische Verbindungen in elektronischen Gehäusen und Leistungsbauelementen und reduziert so das Risiko von Kontaktfehlern.

2.6.3 Elektrochemische Stabilität

Die elektrochemische Stabilität spiegelt die Fähigkeit von Molybdänkupferblechen wider, elektrochemischer Korrosion in elektrochemischen Umgebungen (wie Elektrolytlösungen oder feuchter, salzhaltiger Umgebung) zu widerstehen. Molybdän hat eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit und funktioniert gut in nicht oxidierenden Elektrolyten, kann jedoch in stark oxidierenden Umgebungen korrodieren. Kupfer hat eine geringe elektrochemische Stabilität und neigt in feuchter oder chlorhaltiger Umgebung zu elektrochemischer Korrosion. Die elektrochemische Stabilität von Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffen wird hauptsächlich von der Molybdänphase dominiert. Molybdänkupferbleche mit hohem Molybdängehalt (wie Mo85Cu15) zeigen eine gute Stabilität in elektrochemischen Umgebungen und eignen sich für leitfähige Komponenten in Meeresumgebungen oder der chemischen Industrie. Molybdänkupferbleche mit hohem Kupfergehalt (wie Mo60Cu40) haben eine schwache elektrochemische Stabilität und können in Umgebungen mit hoher Feuchtigkeit oder Salzsprühnebel an

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kupferphasenkorrosion leiden. Der Herstellungsprozess beeinflusst die elektrochemische Stabilität. Das Heißpress- Sinterverfahren kann das Eindringen von Elektrolyten und das Korrosionsrisiko durch Erhöhung der Dichte und Verringerung der Poren verringern. Das pulvermetallurgische Verfahren kann die lokale elektrochemische Korrosion beschleunigen, wenn Mikroporen vorhanden sind. Oberflächenschutzschichten (z. B. Vernickelung) können die elektrochemische Stabilität deutlich verbessern. Die elektrochemische Stabilität von Molybdän-Kupfer-Bleichen ermöglicht eine lange Leistungserhaltung bei elektrischen Kontakten und leitfähigen Anwendungen und verlängert so die Lebensdauer der Geräte.

2.7 Vergleich zwischen Molybdän-Kupferblech und anderen Materialien

Molybdänkupferbleche bieten einzigartige Vorteile im Wärmemanagement, in der Elektronik und bei Hochtemperaturanwendungen. Im Vergleich zu anderen häufig verwendeten Materialien (wie reinem Kupfer, Wolframkupfer, Aluminiumsilizium und Keramikmaterialien) sind ihre Leistungen hinsichtlich Wärmeleitfähigkeit, Wärmeausdehnung, mechanischen Eigenschaften und Kosten ausgewogen. Reines Kupfer hat eine extrem hohe Wärmeleitfähigkeit (ca. 401 W/ mK) und elektrische Leitfähigkeit (100 % IACS), aber einen hohen Wärmeausdehnungskoeffizienten (ca. $16,5 \times 10^{-6}/K$ bei 25 °C) und eine geringe Warmfestigkeit (ca. 200–250 MPa), sodass es für Umgebungen mit hohen Temperaturen oder thermischen Zyklen nicht geeignet ist. Molybdänkupferbleche (wie Mo60Cu40) haben eine etwas geringere Wärmeleitfähigkeit (ca. 200–250 W/ mK), aber einen niedrigeren Wärmeausdehnungskoeffizienten (ca. $8-10 \times 10^{-6}/K$), eine bessere Hochtemperaturstabilität und eignen sich für Elektronikverpackungen. Die Wärmeleitfähigkeit von Wolframkupfer-Verbundwerkstoffen ist mit der von Molybdänkupfer vergleichbar (ca. 180–220 W/ m·K), aber die Dichte ist höher (ca. 15–17 g/cm³ gegenüber 9–10 g/cm³ bei Molybdänkupfer), die Kosten sind höher und die Verarbeitung ist schwieriger; Molybdänkupferbleche haben eine geringere Dichte, mehr Kostenvorteile und eignen sich für Leichtbauanwendungen. Aluminium-Silizium-Verbundwerkstoffe (wie AlSiC) haben eine etwas geringere Wärmeleitfähigkeit (ca. 150–200 W/ m·K), aber der Wärmeausdehnungskoeffizient liegt nahe an dem von Molybdänkupfer und das Gewicht ist geringer, was sie für die Luft- und Raumfahrt geeignet macht, aber ihre mechanische Festigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit sind nicht so gut wie bei Molybdänkupferblechen. Keramische Werkstoffe (wie Aluminiumoxid und Siliziumnitrid) haben einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten (ca. $4-7 \times 10^{-6}/K$), aber eine schlechte Wärme- und Stromleitfähigkeit (Aluminiumoxid ca. 20–30 W/ mK) und sind daher für leitfähige Anwendungen ungeeignet. Molybdän-Kupfer-Bleche hingegen verfügen über Leitfähigkeit und Wärmemanagement. Die Herstellungsverfahren für Molybdän-Kupfer-Bleche (z. B. Pulvermetallurgie oder Schmelzinfiltration) sind relativ ausgereift. Die Rohstoffe Molybdän und Kupfer sind in großen Mengen vorhanden, gut recycelbar und kostengünstiger als Wolframkupfer und einige Keramikwerkstoffe. Daher sind sie in den Bereichen Elektronik, Luft- und Raumfahrt sowie Energie sehr wettbewerbsfähig.

2.8 CTIA GROUP LTD Molybdän-Kupfer-Blech Sicherheitsdatenblatt

„Molybdän-Kupferblech“ von CTIA GROUP LTD ist ein Leitfaden, der Sicherheitsinformationen zur Herstellung, zum Transport, zur Lagerung und zur Verwendung des Materials enthält und sicherstellen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

soll, dass Arbeiter, Rettungskräfte und Benutzer dessen Eigenschaften, potenzielle Gefahren und Anforderungen für einen sicheren Betrieb verstehen.

Molybdänkupferblech ist ein Verbundwerkstoff aus Molybdän (CAS-Nr.: 7439-98-7) und Kupfer (CAS-Nr.: 7440-50-8). Der Produktname richtet sich üblicherweise nach dem Zusammensetzungsverhältnis, z. B. Mo85Cu15 (85 % Molybdän, 15 % Kupfer) oder Mo60Cu40 (60 % Molybdän, 40 % Kupfer). Zu den Hauptanwendungen gehören Wärmeableitungssubstrate für elektronische Verpackungen, Wärmemanagementkomponenten für die Luft- und Raumfahrt sowie leitfähige Teile von Leistungsmodulen. Es wird empfohlen, eine langfristige Verwendung in stark oxidierenden Säuren (wie Salpetersäure) oder sauerstoffhaltigen Umgebungen mit hohen Temperaturen zu vermeiden, um Korrosion oder Oxidation der Kupferphase zu vermeiden.

Unter normalen Einsatzbedingungen sind Molybdänkupferbleche massive Platten und gelten nicht als gefährliche Chemikalien. Bei der Verarbeitung (z. B. Schneiden, Schleifen und Schweißen) können jedoch Staub oder Metallsplitter entstehen, die Gesundheits- und Sicherheitsrisiken bergen. Das Einatmen von Staub kann leichte Atemwegsreizungen verursachen, und längerer Kontakt kann zu Lungenbeschwerden führen. Hautkontakt mit Metallsplittern kann mechanische Reizungen oder Schnittverletzungen verursachen. Molybdänkupferbleche sind umweltneutral und verursachen keine nennenswerte Verschmutzung von Wasser und Boden. Abfälle müssen jedoch gemäß den örtlichen Vorschriften entsorgt werden. Die GHS-Klassifizierung weist darauf hin, dass es sich nicht um eine gefährliche Chemikalie handelt. Bei der Verarbeitung sind jedoch Schutzmaßnahmen zu treffen.

Notfallbehandlung : Bei der Verarbeitung entstehender Staub oder Ablagerungen muss der betroffene Bereich isoliert und mit staubdichten Geräten (z. B. einem Staubsauger) gereinigt werden, um Staubbildung zu vermeiden. Die gesammelten Materialien sollten in versiegelten Behältern aufbewahrt und vorschriftsmäßig gehandhabt werden. Reinigungspersonal muss Staubmasken und Handschuhe tragen. Es wird empfohlen, während des Betriebs in einem gut belüfteten Bereich zu schneiden, zu schleifen oder zu schweißen, lokale Staubentfernungsgерäte zu verwenden und die Bediener sollten Schutzbrillen, Handschuhe und Staubmasken tragen. Molybdänkupferbleche sollten an einem trockenen und kühlen Ort gelagert werden, den Kontakt mit stark oxidierenden Säuren oder sauerstoffhaltigen Umgebungen mit hohen Temperaturen vermeiden und ordnungsgemäß verpackt werden, um Feuchtigkeit oder mechanische Beschädigungen zu vermeiden.

Zur Expositionskontrolle ist die Installation lokaler Absaugsysteme in Verarbeitungsbereichen erforderlich, um die Staubkonzentrationen unter den Arbeitsplatzgrenzwerten (wie z. B. ACGIH TLV: 10 mg/m³ für Molybdänstaub und 1 mg/m³ für Kupferstaub) zu halten. Zur persönlichen Schutzausrüstung gehören Staubmasken der Klasse N95 oder höher, Schutzbrillen und verschleißfeste Handschuhe. Bei langfristiger Exposition sind regelmäßige Gesundheitschecks erforderlich. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Molybdän-Kupfer-Blechen variieren je nach Zusammensetzung. Beispielsweise beträgt die Dichte von Mo85Cu15 etwa 10,0 g/cm³, die Wärmeleitfähigkeit etwa 160–180 W/m·K und der Wärmeausdehnungskoeffizient etwa 5–7×10⁻⁶ /K; Die Dichte von Mo60Cu40 beträgt etwa 9,6 g/cm³, die Wärmeleitfähigkeit beträgt etwa 210–250 W/

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

m·K und der Wärmeausdehnungskoeffizient beträgt etwa $10^{-1} \times 10^{-6} /K$. Das Material ist ein silbergrauer metallischer Feststoff, geruchlos, wasserunlöslich und chemisch stabil.

Unter normalen Bedingungen sind Molybdänkupferbleche chemisch stabil und reagieren nicht mit Wasser, Luft oder gängigen Chemikalien. In sauerstoffhaltigen Umgebungen mit hohen Temperaturen kann die Kupferphase jedoch Kupferoxid und die Molybdänphase flüchtige Oxide bilden. Der Kontakt mit stark oxidierenden Säuren sollte vermieden werden, um die Auflösung der Kupferphase zu verhindern. Prozessstaub sollte von Feuerquellen ferngehalten werden. Massive Molybdänkupferbleche sind toxikologisch unbedenklich, Staub kann jedoch leichte Atemwegs- oder Hautreizungen verursachen. Langfristiges Einatmen von hochkonzentriertem Staub kann zu Lungenbeschwerden führen. Ökologisch gesehen verursachen Molybdänkupferbleche keine Bioakkumulation oder Umweltverschmutzung. Abfälle sollten gemäß den Vorschriften, beispielsweise dem chinesischen „Gesetz zur Verhütung und Kontrolle der Umweltverschmutzung durch feste Abfälle“, recycelt oder entsorgt werden.

Molybdänkupferbleche sind beim Transport kein Gefahrgut und erfordern keine besonderen Anforderungen. Sie müssen jedoch ordnungsgemäß verpackt werden, um mechanische Beschädigungen zu vermeiden. Dazu eignen sich stabile Holzkisten oder Kunststoffbehälter mit Sicherheitsdatenblatt. Die Materialien entsprechen den chinesischen „Vorschriften zum Sicherheitsmanagement gefährlicher Chemikalien“ und den internationalen GHS-Standards und müssen den Arbeitsschutzbestimmungen entsprechen. Exporte erfüllen die EU-REACH- und RoHS-Anforderungen.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Kupferblech Bild

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kapitel 3 Klassifizierung von Molybdän-Kupfer-Blechen

3.1 Klassifizierung nach Marke (typisch) Molybdän-Kupferblech

Die Klassifizierung von Molybdän-Kupfer-Blechen basiert hauptsächlich auf ihrem Zusammensetzungsverhältnis, d. h. dem Massen- oder Volumenanteil von Molybdän (Mo) und Kupfer (Cu). Verschiedene Güten entsprechen spezifischen Leistungsmerkmalen, um den vielfältigen Anforderungen in den Bereichen Elektronik, Luft- und Raumfahrt, Wärmemanagement und leitfähige Anwendungen gerecht zu werden. Die Gütebezeichnung ist üblicherweise direkt mit dem Molybdän- und Kupfergehalt gekennzeichnet, z. B. bedeutet Mo85Cu15 85 % Molybdän und 15 % Kupfer. Durch Anpassung des Molybdän-Kupfer-Verhältnisses lassen sich Wärmeleitfähigkeit, elektrische Leitfähigkeit, Wärmeausdehnungskoeffizient und mechanische Eigenschaften optimieren.

3.1.1 Mo85Cu15

Mo85Cu15 ist eine Sorte mit hohem Molybdängehalt, mit 85 % Molybdän und 15 % Kupfer. Sie zeichnet sich vor allem durch hohe Festigkeit, niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten und hohe Temperaturbeständigkeit aus. Ihre Dichte beträgt etwa $10,0 \text{ g/cm}^3$ und liegt damit nahe an der Dichte von Molybdän. Ihre Wärmeleitfähigkeit beträgt etwa $1,6 \text{--}180 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, ihre elektrische Leitfähigkeit etwa 20–25 % IACS und ihr Wärmeausdehnungskoeffizient etwa $5\text{--}7 \times 10^{-6}/\text{K}$, womit sie gut zu Keramikwerkstoffen passt. Mo85Cu15 verfügt über hervorragende mechanische Eigenschaften, eine Vickershärte von etwa 180–220 HV und eine Zugfestigkeit von knapp 600 MPa, sodass es sich für Anwendungen mit hoher Beanspruchung eignet. Aufgrund des hohen Molybdängehalts weist es eine hervorragende Temperaturbeständigkeit auf und kann in einer Umgebung von 600–800 °C stabil betrieben werden. Es ist stark korrosions- und oxidationsbeständig und eignet sich für Hochtemperaturkomponenten in der Luft- und Raumfahrt (z. B. Wärmemanagementkomponenten von Triebwerken), Wärmetauscher in der Nuklearindustrie und Wärmeableitungssubstrate für Leistungshalbleiter. Mo85Cu15 weist eine geringe Duktilität und Zähigkeit auf und ist etwas schwieriger zu verarbeiten. Es wird häufig durch Heißpressen und Sintern hergestellt, um eine hohe Dichte zu gewährleisten. Es eignet sich für Anwendungen mit hohen Anforderungen an die Wärmeausdehnungskontrolle und Hochtemperaturstabilität.

3.1.2 Mo80Cu20

Mo80Cu20 ist eine Sorte mit einem relativ ausgewogenen Verhältnis von Molybdän und Kupfer, mit 80 % Molybdän und 20 % Kupfer, wodurch ein guter Kompromiss zwischen Festigkeit, Wärmeleitfähigkeit und Wärmeausdehnungsverhalten erreicht wird. Seine Dichte beträgt ca. $9,9 \text{ g/cm}^3$, die Wärmeleitfähigkeit ca. $170\text{--}200 \text{ W/mK}$, die elektrische Leitfähigkeit ca. 25–30 % IACS und der Wärmeausdehnungskoeffizient ca. $6\text{--}8 \times 10^{-6}/\text{K}$, womit er noch mit Keramikwerkstoffen vergleichbar, aber etwas höher als bei Mo85Cu15 ist. Die mechanischen Eigenschaften von Mo80Cu20 sind etwas geringer als die von Mo85Cu15, mit einer Vickershärte von ca. 160–200 HV und einer Zugfestigkeit von ca. 500–600 MPa. Die Duktilität und Zähigkeit sind verbessert, was es für Anwendungen geeignet macht,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

die eine bestimmte Verarbeitungsleistung erfordern. Es weist eine gute Hochtemperaturbeständigkeit auf und arbeitet stabil in einer Umgebung von 500–700 °C. Es verfügt über eine ausgezeichnete Korrosions- und Oxidationsbeständigkeit und eignet sich für Wärmeableitungssubstrate, Kühlkörper für Mikrowellengeräte und Strukturteile in der Luft- und Raumfahrt in elektronischen Verpackungen. Mo80Cu20 wird durch Pulvermetallurgie oder Schmelzinfiltration hergestellt. Das Schmelzinfiltrationsverfahren kann die Kupferphasenverteilung optimieren, die Wärmeleitfähigkeit und die elektrische Leitfähigkeit verbessern und wird häufig in Szenarien mit hohen Anforderungen an Wärmemanagement und mechanische Eigenschaften eingesetzt.

3.1.3 Mo70Cu30

Mo70Cu30 ist eine Sorte mit hohem Kupferanteil, wobei 70 % Molybdän und 30 % Kupfer enthalten sind. Seine Hauptvorteile sind die hohe Wärmeleitfähigkeit und die hohe elektrische Leitfähigkeit. Es eignet sich für effizientes Wärmemanagement und leitfähige Anwendungen. Seine Dichte beträgt ca. 9,6 g/cm³ und liegt damit nahe an der Dichte von Kupfer (8,96 g/cm³). Seine Wärmeleitfähigkeit beträgt ca. 200–250 W/ mK, seine elektrische Leitfähigkeit ca. 30–40 % IACS und sein Wärmeausdehnungskoeffizient beträgt ca. $8-10 \times 10^{-6}/K$ und ist damit höher als bei den beiden vorherigen. Es eignet sich für Bereiche mit geringeren Anforderungen an die Wärmeausdehnung. Die mechanischen Eigenschaften von Mo70Cu30 sind schwach, mit einer Vickershärte von etwa 120–160 HV und einer Zugfestigkeit von etwa 400–500 MPa, aber seine Duktilität und Zähigkeit sind deutlich verbessert, und es lässt sich leicht verarbeiten und formen, wodurch es sich für die Herstellung von Kühlkörpern oder leitfähigen Teilen mit komplexen Formen eignet. Seine Hochtemperaturbeständigkeit ist etwas geringer, und die empfohlene Betriebstemperatur liegt unter 400 °C, um ein Erweichen oder Oxidieren der Kupferphase zu vermeiden. Seine Korrosions- und Oxidationsbeständigkeit sind etwas geringer als die von Mo85Cu15 und Mo80Cu20. Es eignet sich für Wärmemanagementkomponenten von 5G-Kommunikationsgeräten, Leistungsmodulen und Fahrzeugen mit alternativer Energie. Mo70Cu30 wird häufig durch Schmelzinfiltration hergestellt, um eine gleichmäßige Verteilung der Kupferphase zu gewährleisten und die Wärmeleitfähigkeit und die elektrische Kontaktleistung zu optimieren.

3.1.4 Mo60Cu40

Molybdänkupferblech mit hohem Kupfergehalt, bestehend aus 60 % Molybdän und 40 % Kupfer. Es zeichnet sich durch hervorragende Wärme- und elektrische Leitfähigkeit aus und eignet sich für effizientes Wärmemanagement und leitfähige Anwendungen. Seine Dichte beträgt ca. 9,3 g/cm³, was nahe an der Dichte von Kupfer (8,96 g/cm³) liegt. Die Wärmeleitfähigkeit ist mit ca. 200–250 W/ mK relativ hoch, die elektrische Leitfähigkeit liegt bei ca. 30–40 % IACS und der Wärmeausdehnungskoeffizient bei ca. $8-10 \times 10^{-6}/K$. Damit eignet es sich für Anwendungen mit relativ geringen Anforderungen an die Wärmeausdehnung. Mo60Cu40 weist moderate mechanische Eigenschaften auf, mit einer Vickershärte von ca. 100–140 HV und einer Zugfestigkeit von ca. 350–450 MPa. Im Vergleich zu Sorten mit hohem Molybdängehalt sind seine Duktilität und Zähigkeit deutlich verbessert. Es lässt sich leicht verarbeiten und formen und eignet sich für die Herstellung von

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kühlkörpern, leitfähigen Substraten oder Steckverbindern mit komplexen Formen. Seine Hochtemperaturbeständigkeit wird durch den Kupfergehalt begrenzt. Die empfohlene Betriebstemperatur liegt unter 400 °C, um ein Erweichen oder Oxidieren der Kupferphase zu vermeiden. Seine Korrosions- und Oxidationsbeständigkeit ist etwas geringer als die von Sorten mit hohem Molybdängehalt, aber es ist in nicht aggressiven chemischen Umgebungen stabil. Mo60Cu40 wird häufig in Wärmemanagementkomponenten von 5G-Kommunikationsgeräten, Leistungshalbleitermodulen und Fahrzeugen mit alternativer Energie eingesetzt, insbesondere in Szenarien, die eine hohe Wärmeleitfähigkeit und eine bestimmte Verarbeitungsleistung erfordern. Infiltration ist ein gängiges Herstellungsverfahren, das eine gleichmäßige Verteilung der Kupferphase gewährleistet und die Wärmeleitfähigkeit und die elektrische Kontaktleistung weiter optimiert. Die Herstellung kann auch durch Pulvermetallurgie erfolgen, jedoch muss eine hohe Dichte gewährleistet sein, um die Leistung zu erhalten.

3.1.5 Mo50Cu50

Molybdänkupferblechsorte mit dem höchsten Kupfergehalt, wobei Molybdän und Kupfer jeweils 50 % ausmachen. Seine Hauptvorteile sind die extrem hohe Wärme- und elektrische Leitfähigkeit, die denen von reinem Kupfer nahe kommen, während gleichzeitig eine gewisse mechanische Festigkeit und thermische Stabilität erhalten bleiben. Seine Dichte beträgt etwa 9,1 g/cm³, was der Dichte von Kupfer sehr nahe kommt. Seine Wärmeleitfähigkeit beträgt etwa 220 – 270 W/ mK, seine elektrische Leitfähigkeit etwa 35 – 45 % IACS und sein Wärmeausdehnungskoeffizient etwa 10 – 12 × 10⁻⁶/K, was es für Anwendungen geeignet macht, bei denen geringe Anforderungen an die Kontrolle der Wärmeausdehnung gestellt werden. Die mechanischen Eigenschaften von Mo50Cu50 sind tendenziell flexibel, mit einer Vickershärte von etwa 80 – 120 HV und einer Zugfestigkeit von etwa 300 – 400 MPa. Seine Duktilität und Zähigkeit kommen denen von reinem Kupfer nahe, sodass es für komplexe Verarbeitungsverfahren wie Stanzen oder Biegen geeignet ist. Die Hochtemperaturbeständigkeit ist gering. Die empfohlene Betriebstemperatur liegt unter 350 °C, um ein Erweichen oder Oxidieren der Kupferphase bei hohen Temperaturen zu verhindern. Die Korrosions- und Oxidationsbeständigkeit ist im Vergleich zu Mo60Cu40 weiter reduziert. Eine langfristige Verwendung in feuchten oder chlorhaltigen Umgebungen sollte vermieden werden. Mo50Cu50 wird hauptsächlich für Wärmeableitungssubstrate von elektronischen Hochleistungsgeräten, leitfähigen Komponenten von Mikrowellengeräten und Leistungsmodulen von Fahrzeugen mit alternativer Energie verwendet. Es eignet sich besonders für Szenarien, die eine effiziente Wärmeleitung und Stromübertragung erfordern. Das Schmelzinfiltrationsverfahren ist das bevorzugte Herstellungsverfahren, um die Kontinuität der Kupferphase zu optimieren und die Wärme- und elektrische Leitfähigkeit zu verbessern. Pulvermetallurgie kann ebenfalls verwendet werden, aber die Poren müssen streng kontrolliert werden, um eine stabile Leistung zu gewährleisten.

Molybdän-Kupferbleche nach Herstellungsverfahren

Molybdänkupferbleche haben einen erheblichen Einfluss auf Leistung, Mikrostruktur und Anwendungsgebiete, insbesondere in der Pulvermetallurgie und Schmelzinfiltration. Verschiedene

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Verfahren beeinflussen Wärmeleitfähigkeit, elektrische Leitfähigkeit, mechanische Eigenschaften und chemische Stabilität durch die Steuerung der Bindungsart von Molybdän und Kupfer sowie der Materialdichte. Im Folgenden werden die Eigenschaften und Anwendungen von pulvermetallurgisch und durch Schmelzinfiltration hergestellten Molybdänkupferblechen detailliert beschrieben.

pulvermetallurgisch hergestelltes Kupferblech

Pulvermetallurgisch hergestellte Molybdänkupferbleche werden durch Mischen von Molybdänpulver und Kupferpulver, Pressen und Hochtemperaturesintern hergestellt. Sie eignen sich zur Herstellung von Molybdänkupferblechen mit unterschiedlichen Zusammensetzungen, wie beispielsweise Mo85Cu15, Mo80Cu20 und Mo70Cu30. Bei diesem Verfahren werden zunächst Molybdän- und Kupferpulver in einem bestimmten Verhältnis gemischt, durch Kalt- oder Heißpressen ein Rohling geformt und anschließend unter dem Schutz eines Hochtemperatur-Inertgases (wie Argon oder Stickstoff) gesintert, um die Kupferphase teilweise zu schmelzen und die Poren zwischen den Molybdänpartikeln zu füllen, wodurch eine dichte Verbundstruktur entsteht. Pulvermetallurgisch hergestellte Molybdänkupferbleche weisen eine hohe mechanische Festigkeit auf. Die Zugfestigkeit von Mo85Cu15 kann 500–600 MPa erreichen, die Vickershärte liegt bei etwa 180–220 HV. Sie eignen sich für hochfeste, temperaturbeständige Bauteile in der Luft- und Raumfahrt sowie für Wärmeableitungssubstrate in elektronischen Verpackungen. Ihre Wärmeleitfähigkeit steigt mit dem Kupfergehalt, beispielsweise kann Mo70Cu30 200–250 W/ mK erreichen, und die elektrische Leitfähigkeit liegt bei etwa 30–40 % IACS. Durch Pulvermetallurgie können die Anteile der Inhaltsstoffe präzise gesteuert werden, und das Material eignet sich für die kundenspezifische Produktion. Wenn jedoch Sintertemperatur oder -druck nicht ausreichen, kann dies zur Bildung von Mikroporen führen, wodurch die Wärme- und elektrische Leitfähigkeit leicht reduziert wird. Pulvermetallurgie hergestellte Molybdänkupferbleche werden häufig in Leistungshalbleiterbauelementen, Mikrowellengeräten und Wärmemanagementkomponenten eingesetzt, insbesondere in Szenarien, in denen hohe Festigkeit und präzise Abmessungen erforderlich sind. Die Verarbeitungskosten sind jedoch hoch und das Material eignet sich für Hochleistungsanwendungen.

Durch Schmelzinfiltration hergestelltes Molybdän-Kupferblech

Molybdänkupferbleche, die im Schmelzinfiltrationsverfahren hergestellt werden, entstehen durch die Herstellung eines porösen Molybdänskeletts. Anschließend wird geschmolzenes Kupfer in die Poren des Molybdänskeletts infiltriert, um einen Verbundwerkstoff zu bilden. Das Verfahren eignet sich für die Herstellung von Sorten mit hohem Kupfergehalt, wie z. B. Mo60Cu40 und Mo50Cu50. Bei diesem Verfahren wird Molybdänpulver zunächst pulvermetallurgisch gepresst und gesintert, um ein poröses Molybdänskelett zu bilden. Anschließend wird geschmolzenes Kupfer bei hoher Temperatur in die Poren des Skeletts infiltriert, wodurch nach dem Abkühlen eine gleichmäßige Zweiphasenstruktur entsteht. Das im Schmelzinfiltrationsverfahren hergestellte Molybdänkupferblech weist eine ausgezeichnete Wärme- und elektrische Leitfähigkeit auf. Die Wärmeleitfähigkeit von Mo60Cu40 kann 200–250 W/ m·K erreichen, die elektrische Leitfähigkeit liegt bei etwa 30–40 % IACS. Mo50Cu50 liegt bei etwa 220–270 W/ m·K und 35–45 % IACS und eignet sich für effizientes Wärmemanagement und leitfähige

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Anwendungen, wie z. B. 5G-Kommunikationsgeräte und Leistungsmodule für Fahrzeuge mit alternativer Energie. Seine mechanischen Eigenschaften sind etwas geringer als die von pulvermetallurgischen Produkten. Die Zugfestigkeit von Mo60Cu40 liegt bei etwa 350–450 MPa und die Vickershärte bei etwa 100–140 HV, aber es hat eine bessere Duktilität und Zähigkeit, wodurch sich komplexe Formen leichter verarbeiten lassen. Das Schmelzinfiltrationsverfahren optimiert die Wärmeleitfähigkeit und die elektrische Kontaktleistung durch eine gleichmäßige Kupferphasenverteilung. Wenn die Porosität des Molybdänskeletts jedoch nicht richtig kontrolliert wird, kann dies zu lokalen Ungleichmäßigkeiten der Kupferphase führen und die Leistungsstabilität beeinträchtigen. Die Kosten für im Schmelzinfiltrationsverfahren hergestellte Molybdänkupferbleche sind relativ niedrig, sodass sie für die Massenproduktion geeignet sind und häufig in elektronischen Heizkörpern und leitfähigen Substraten verwendet werden.

3.3 Klassifizierung von Molybdän-Kupfer-Blechen nach Anwendungsgebiet

Molybdänkupferbleche lassen sich je nach Anwendungsbereich in Universalbleche und Spezialbleche (z. B. für die Luft- und Raumfahrt oder Elektronikverpackungen) unterteilen. Die Klassifizierung der Anwendungsbereiche basiert auf der Abstimmung von Materialeigenschaften und Einsatzszenarien. Universal-Molybdänkupferbleche werden aufgrund ihrer ausgewogenen Leistung in verschiedenen Branchen eingesetzt. Im Folgenden werden die Eigenschaften und Anwendungen von Universal-Molybdänkupferblechen detailliert beschrieben.

3.3.1 Allgemeines Molybdän-Kupferblech

Universal-Molybdänkupferbleche sind ein standardisiertes Produkt für verschiedene Branchen und umfassen üblicherweise Güten wie Mo80Cu20, Mo70Cu30 und Mo60Cu40. Sie verfügen über ausgewogene Eigenschaften hinsichtlich Wärmeleitfähigkeit, elektrischer Leitfähigkeit, mechanischer Eigenschaften und Wärmeausdehnung und eignen sich für die Bereiche Elektronik, Kommunikation, Energie und Industrie. Ihre Dichte liegt bei 9,3–9,8 g/cm³, die Wärmeleitfähigkeit bei ca. 170–250 W/mK, die elektrische Leitfähigkeit bei ca. 25–40 % IACS und der Wärmeausdehnungskoeffizient bei ca. 6–10×10⁻⁶/K, was gut zu Keramik- und Halbleitermaterialien (wie Aluminiumoxid und Siliziumnitrid) passt. Die mechanischen Eigenschaften von Universal-Molybdänkupferblechen sind mittelmäßig, mit einer Zugfestigkeit von ca. 350–600 MPa und einer Vickershärte von ca. 100–200 HV. Die Duktilität und Zähigkeit sind ausreichend für konventionelle Verarbeitungsverfahren wie Schneiden und Stanzen. Die hohe Temperaturbeständigkeit hält Arbeitsumgebungen von 400–700 °C stand, und die Korrosions- und Oxidationsbeständigkeit ist in nicht aggressiven Umgebungen stabil. Universal-Molybdänkupferbleche werden durch Pulvermetallurgie oder Schmelzinfiltration hergestellt. Das Schmelzinfiltrationsverfahren eignet sich besser für hohe Kupfergehalte zur Optimierung der Wärmeleitfähigkeit, während das pulvermetallurgische Verfahren für hohe Festigkeitsanforderungen geeignet ist. Typische Anwendungen sind Wärmeableitungssubstrate in elektronischen Verpackungen, Kühlkörper in Kommunikationsgeräten, leitfähige Teile von Leistungsmodulen und Wärmemanagementkomponenten von Fahrzeugen mit alternativer Antriebstechnik. Die Flexibilität und Kosteneffizienz von Universal-Molybdänkupferblechen machen es zum Material der Wahl für Wärmemanagement- und leitfähige

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Anwendungen und erfüllen die Anforderungen aller Bereiche von Unterhaltungselektronik bis hin zu Industrieanlagen.

3.3.2 Hochfrequenz-Molybdän-Kupferblech

Hochfrequenz-Molybdänkupferbleche werden für elektronische Hochfrequenzgeräte entwickelt und erfüllen die Anforderungen von Mikrowellen-, Radiofrequenz- und Kommunikationsgeräten hinsichtlich hoher Leitfähigkeit, geringer Wärmeausdehnung und ausgezeichnetem Wärmemanagement. Für eine effiziente Strom- und Wärmeleitung werden üblicherweise Sorten mit höherem Kupfergehalt wie Mo60Cu40 oder Mo50Cu50 gewählt. Die Wärmeleitfähigkeit beträgt ca. 200–270 W/ mK und die elektrische Leitfähigkeit ca. 30–45 % IACS, wodurch Energieverluste und Wärmestaus bei der Hochfrequenz-Signalübertragung wirksam reduziert werden können. Der Wärmeausdehnungskoeffizient beträgt ca. $8\text{--}12 \times 10^{-6}/\text{K}$ und eignet sich daher für Keramik- oder Halbleitermaterialien (wie Aluminiumnitrid) in Hochfrequenzgeräten.

Hochfrequenz-Molybdänkupferbleche zeichnen sich durch eine mittlere Zugfestigkeit von ca. 300–450 MPa, eine Vickershärte von ca. 80–140 HV, eine gute Duktilität und die Eignung für komplexe Formgebungen, wie z. B. Kühlkörper für Mikrowellengeräte oder Antennensubstrate, aus. Die Hochtemperaturbeständigkeit wird durch den Kupfergehalt begrenzt, und die empfohlene Betriebstemperatur liegt unter 400 °C, um eine Oxidation der Kupferphase zu vermeiden. Die Korrosionsbeständigkeit und elektrochemische Stabilität sind in konventionellen Umgebungen gut und eignen sich für 5G-Kommunikationsbasisstationen, Radarsysteme und Satellitenkommunikationsgeräte. Die Infiltration ist das wichtigste Herstellungsverfahren, das die elektrische Leitfähigkeit und Wärmeleitung durch eine gleichmäßige Kupferphasenverteilung optimiert. Pulvermetallurgie kann auch für die Herstellung hochpräziser Komponenten eingesetzt werden. Oberflächenbehandlungen (z. B. Versilbern) werden häufig eingesetzt, um den Kontaktwiderstand weiter zu reduzieren und die Hochfrequenzleistung zu verbessern. Hochfrequenz-Molybdänkupferbleche werden häufig in HF-Leistungsverstärkern, integrierten Mikrowellenschaltungen und Kommunikationsmodulen eingesetzt, um Signalintegrität und thermische Stabilität zu gewährleisten.

3.3.3 Molybdän-Kupferblech für die Luft- und Raumfahrt

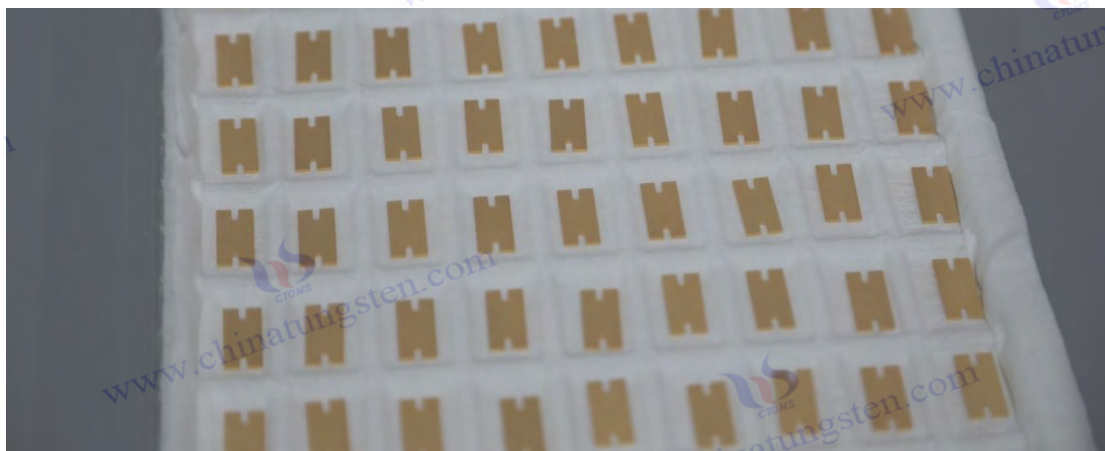
Molybdänkupferbleche für die Luft- und Raumfahrt sind speziell für die extremen Bedingungen in der Luft- und Raumfahrt konzipiert und zeichnen sich durch hohe Festigkeit, geringe Wärmeausdehnung und hervorragende Temperaturbeständigkeit aus. Üblicherweise werden Sorten mit höherem Molybdängehalt, wie beispielsweise Mo85Cu15 oder Mo80Cu20, gewählt, um hohen Temperaturen und hohen Spannungen standzuhalten. Die Dichte beträgt ca. 9,8–10,0 g/cm³, die Wärmeleitfähigkeit ca. 150–200 W/ mK, die elektrische Leitfähigkeit ca. 20–30 % IACS und der Wärmeausdehnungskoeffizient ca. $5\text{--}8 \times 10^{-6}/\text{K}$. Damit ist das Blech bestens auf keramische Werkstoffe abgestimmt und reduziert die Grenzflächenspannung bei thermischen Zyklen. Molybdänkupferbleche für die Luft- und Raumfahrt haben hervorragende mechanische Eigenschaften, eine Zugfestigkeit von ca. 500–600 MPa, eine Vickershärte von ca. 160–220 HV, sind für mechanische Belastungen und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Vibrationen geeignet, weisen eine ausgezeichnete Hochtemperaturbeständigkeit auf, können in Umgebungen von 600–800 °C stabil betrieben werden, sind stark oxidations- und korrosionsbeständig und eignen sich für die rauen chemischen Umgebungen von Luft- und Raumfahrtgeräten. Heißpressen und Sintern sind die wichtigsten Herstellungsverfahren, um eine hohe Dichte und Grenzflächenfestigkeit zu gewährleisten. Für bestimmte Teile kann auch Schmelzinfiltration verwendet werden, um Kosten und Leistung in Einklang zu bringen. Molybdänkupferbleche für die Luft- und Raumfahrt werden häufig in Wärmemanagementkomponenten von Düsentrriebwerken, Satellitenkühlkörpern und Leistungsmodulen von Raumfahrzeugen verwendet. Sie behalten ihre Leistung auch bei hohen Temperaturen, starken Vibrationen und im Vakuum bei und gewährleisten so die Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer der Geräte.

3.3.4 Photoelektrisches Gerät vom Typ Molybdän-Kupferblech

Molybdänkupferbleche für optoelektronische Geräte (wie Laser, LEDs und optische Kommunikationsmodule) werden speziell für optoelektronische Geräte (wie Laser, LEDs und optische Kommunikationsmodule) entwickelt und erfüllen die Anforderungen an hohe Wärmeleitfähigkeit, geringe Wärmeausdehnung und elektrische Kontaktleistung. Um ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Wärmeleitfähigkeit und Wärmeausdehnung zu gewährleisten, werden üblicherweise die Güten Mo70Cu30 oder Mo60Cu40 ausgewählt. Die Wärmeleitfähigkeit beträgt ca. 200–250 W/ mK und die elektrische Leitfähigkeit ca. 30–40 % IACS. Sie leiten Wärme schnell ab und schützen optoelektronische Geräte vor thermischen Schäden. Der Wärmeausdehnungskoeffizient beträgt ca. $8-10 \times 10^{-6}/K$ und passt gut zu optoelektronischen Materialien (wie Galliumarsenid und Siliziumnitrid), um Geräteausfälle durch thermische Belastung zu reduzieren. Die mechanischen Eigenschaften von Molybdänkupferblechen für optoelektronische Geräte sind moderat, mit einer Zugfestigkeit von ca. 350–500 MPa und einer Vickershärte von ca. 100–160 HV. Die Duktilität ermöglicht eine präzise Verarbeitung und eignet sich für die Herstellung kleiner Wärmeableitungssubstrate oder Elektroden. Die Hochtemperaturbeständigkeit ist moderat, und die empfohlene Betriebstemperatur liegt unter 400 °C. Die Korrosionsbeständigkeit und elektrochemische Stabilität erfüllen die Anforderungen optoelektronischer Geräte in konventionellen Umgebungen.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Kupferblech Bild

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kapitel 4 Herstellungstechnologie für Molybdän-Kupferbleche

4.1 Herstellung von Molybdän-Kupferblechen mittels Pulvermetallurgie

Die Pulvermetallurgie ist eines der wichtigsten Verfahren zur Herstellung von Molybdän-Kupfer-Blechen. Sie eignet sich zur Herstellung von Molybdän-Kupfer-Blechen mit unterschiedlichen Zusammensetzungen, wie beispielsweise Mo85Cu15, Mo80Cu20 und Mo70Cu30. Durch die präzise Steuerung des Misch-, Press- und Sinterprozesses von Molybdän- und Kupferpulvern werden hervorragende mechanische Eigenschaften sowie eine hohe Wärme- und elektrische Leitfähigkeit erreicht. Diese Technologie verarbeitet Metallpulver zu dichten Verbundwerkstoffen, um den Anforderungen der Elektronikverpackung, der Luft- und Raumfahrt und des Wärmemanagements gerecht zu werden.

4.1.1 Prozessablauf der Pulvermetallurgie-Technologie

von Molybdän-Kupfer-Blechen mittels Pulvermetallurgie umfasst die Schritte Pulveraufbereitung, Mischen, Pressen, Sintern und Nachbearbeitung.

Zunächst werden hochreines Molybdänpulver (Reinheit üblicherweise $\geq 99,95\%$) und Kupferpulver (Reinheit üblicherweise $\geq 99,9\%$) ausgewählt und gesiebt, um eine gleichmäßige Partikelgröße zu gewährleisten und so den Mischeffekt zu verbessern. Die Pulver werden in einem mechanischen Mischgerät entsprechend dem gewünschten Mischungsverhältnis (z. B. Mo85Cu15 oder Mo70Cu30) gleichmäßig gemischt. Zur Verbesserung der Pressleistung wird häufig eine kleine Menge Schmiermittel (z. B. Stearinsäure) hinzugefügt. Das gemischte Pulver wird mittels Kaltpressen oder isostatischem Pressen in eine Form gepresst. Der Druck beträgt üblicherweise 100–300 MPa, um einen Grünkörper mit einer bestimmten Festigkeit zu bilden. Anschließend wird der Grünkörper in einem Hochtemperatur-Sinterofen (Temperaturbereich 1000–1400 °C) unter Schutzgas (z. B. Argon oder Stickstoff) oder Wasserstoff gesintert. Dabei schmilzt die Kupferphase partiell und füllt die Poren zwischen den Molybdänpartikeln, wodurch eine dichte Molybdän-Kupfer-Verbundstruktur entsteht. Die Sinterzeit beträgt je nach Zusammensetzung und Anlagenbedingungen üblicherweise 2–6 Stunden. Das gesinterte Molybdän-Kupferblech kann nachbearbeitet werden, z. B. durch Heißpressen zur weiteren Erhöhung der Dichte oder durch mechanische Bearbeitung (z. B. Schneiden, Bohren), um die Größenanforderungen zu erfüllen. Das Endprodukt kann bei Bedarf oberflächenbehandelt werden (z. B. vernickeln oder vergolden), um die Oxidationsbeständigkeit und die elektrische Kontaktleistung zu verbessern. Der gesamte Prozess ermöglicht eine präzise Steuerung des Verhältnisses von Molybdän zu Kupfer und eignet sich daher für Hochleistungsanwendungen wie Hochtemperaturkomponenten in der Luft- und Raumfahrt und Substrate zur elektronischen Wärmeableitung.

4.1.2 Vorteile und Grenzen der Pulvermetallurgie-Technologie

Die Pulvermetallurgie bietet erhebliche Vorteile bei der Herstellung von Molybdän-Kupfer-Blechen, unterliegt jedoch auch gewissen Einschränkungen. Ein Vorteil dieser Technologie besteht darin, dass das

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Verhältnis von Molybdän und Kupfer präzise gesteuert werden kann und verschiedene Güten wie Mo85Cu15 und Mo80Cu20 hergestellt werden können, um unterschiedliche Anforderungen an Wärmeleitfähigkeit und elektrische Leitfähigkeit (20–40 % IACS) zu erfüllen. Das Verfahren ist hochflexibel und die Materialeigenschaften können durch Anpassung der Pulverpartikelgröße, des Pressdrucks und der Sintertemperatur optimiert werden. Beispielsweise kann die Zugfestigkeit von Mo85Cu15 500–600 MPa erreichen und ist somit für hochfeste Anwendungen geeignet.

Durch Pulvermetallurgie kann außerdem eine hohe Dichte (normalerweise ≥ 98 % der theoretischen Dichte) erreicht werden, wodurch hervorragende mechanische Eigenschaften und eine hohe Wärmeleitfähigkeit gewährleistet werden und das Material für die Bereiche elektronische Verpackung und Luft- und Raumfahrt geeignet ist.

Darüber hinaus eignet sich diese Technologie für die kundenspezifische Produktion kleiner Chargen und ermöglicht die Herstellung komplex geformter Teile, wie etwa Kühlkörper für Mikrowellengeräte. Zu den Einschränkungen der Pulvermetallurgie gehören relativ hohe Produktionskosten, da hochreine Pulver, Präzisionsformen und Hochtemperatur-Sinteranlagen hergestellt werden müssen, was einen hohen Energieverbrauch und hohe Kosten für die Wartung der Anlagen mit sich bringt. Wird der Sinterprozess nicht richtig kontrolliert, kann dies zu mangelhaften Mikroporen oder schlechter Grenzflächenbindung führen und so die Wärme- und elektrische Leitfähigkeit verringern, insbesondere bei Werkstoffen mit hohem Kupfergehalt (wie etwa Mo60Cu40). Die Pulvermetallurgie stellt strenge Anforderungen an die Pulverqualität und Verunreinigungen oder eine ungleichmäßige Partikelgröße können die Materialkonsistenz beeinträchtigen. Außerdem muss der Sinterprozess in einer inerten oder reduzierenden Atmosphäre durchgeführt werden, was die Komplexität des Prozesses weiter erhöht. Im Vergleich zu anderen Verfahren ist die Pulvermetallurgie bei der Herstellung von Hochleistungs-Molybdänkupferblechen breit anwendbar, es ist jedoch notwendig, Kosten und Leistung in Einklang zu bringen, und sie eignet sich für Szenarien mit hoher Präzision und hoher Zuverlässigkeit.

4.2.1 Prozessablauf der Schmelzinfiltration

von Molybdän-Kupferblechen durch Schmelzinfiltration umfasst mehrere wichtige Schritte. Der erste Schritt besteht in der Vorbereitung des Molybdänblechs und der Kupferquelle. Molybdänbleche müssen vor der Verwendung üblicherweise gereinigt werden, um Oberflächenoxide und Verunreinigungen zu entfernen. Dies trägt dazu bei, eine gute Verbindung zwischen Kupfer und Molybdän während des Schmelzinfiltrationsprozesses zu gewährleisten. Die Kupferquelle ist üblicherweise Kupferpulver oder Kupferlegierungspulver. Das ausgewählte Kupferpulver hat eine geeignete Partikelgröße, damit es nach dem Schmelzen besser in die Poren des Molybdänblechs eindringen kann. Anschließend werden das gereinigte Molybdänblech und die Kupferquelle in einen Hochtemperaturofen gegeben und erhitzt. Die Temperatur wird schrittweise bis zum Schmelzpunkt von Kupfer (ca. 1.083 °C) erhöht, um das Kupfer vollständig zu schmelzen. Das geschmolzene Kupfer dringt durch Kapillarwirkung in die Poren und Mikrorisse des Molybdänblechs ein und bildet die Grundlage des Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffs. Während des Schmelzinfiltrationsprozesses ist die Kontrolle von Temperatur und Zeit entscheidend. Denn eine zu hohe Temperatur oder eine zu lange Infiltrationszeit kann zu einer übermäßigen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kupferdurchdringung führen und die physikalischen Eigenschaften des Molybdänkupferblechs beeinträchtigen. Daher ist es bei diesem Prozess sehr wichtig, die Schmelzinfiltrationstemperatur zwischen 1.100 °C und 1.200 °C zu halten, um die Eindringtiefe und Gleichmäßigkeit des Kupfers sicherzustellen.

Sobald das flüssige Kupfer vollständig in die Poren des Molybdänblechs eingedrungen ist, beginnt die Abkühlung. Während des Abkühlvorgangs stabilisiert sich die Verbindung aus Kupfer und Molybdän allmählich und bildet einen festen Verbundwerkstoff. Dabei ist die Kontrolle der Abkühlgeschwindigkeit sehr wichtig, da schnelles Abkühlen zu inneren Spannungen im Material führen kann, die dessen mechanische Eigenschaften beeinträchtigen. Nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur sind Form und Größe des Molybdänkupferblechs im Wesentlichen festgelegt. Um die Oberflächenqualität und Maßgenauigkeit des fertigen Molybdänkupferblechs sicherzustellen, ist in der Regel eine Nachbearbeitung erforderlich. Zu den Nachbearbeitungsschritten gehören das Entfernen von überschüssigem Kupfer auf der Oberfläche sowie Schleifen und Polieren des Materials, um die Glätte und Maßgenauigkeit des Molybdänkupferblechs zu verbessern. Bei Bedarf kann zusätzlich eine Wärmebehandlung durchgeführt werden, um die mechanischen Eigenschaften und die Wärmeleitfähigkeit des Molybdänkupferblechs weiter zu verbessern.

4.2.2 Vorteile und Grenzen der Infiltrationsmethode

Das Schmelzinfiltrationsverfahren bietet erhebliche Vorteile. Erstens ist die Prozesseffizienz hoch, und Kupfer und Molybdän lassen sich in kurzer Zeit zu einem stabilen Verbundwerkstoff verbinden. Da sich die Eindringtiefe und -verteilung des Kupfers im Schmelzinfiltrationsprozess präzise steuern lässt, lassen sich die verschiedenen Eigenschaften des Verbundwerkstoffs, insbesondere hinsichtlich Wärmeleitfähigkeit, elektrischer Leitfähigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit, effektiv optimieren. Das Schmelzinfiltrationsverfahren ist hochgradig anpassungsfähig und ermöglicht die Anpassung des Kupfergehalts an unterschiedliche industrielle Anforderungen, um Molybdänkupferbleche mit unterschiedlichen Eigenschaften herzustellen. Darüber hinaus eignet sich das Schmelzinfiltrationsverfahren für die Großserienproduktion und erfüllt die Anforderungen industrieller Anwendungen. Es eignet sich insbesondere für den Einsatz in elektronischen Hochfrequenzgeräten, der Luft- und Raumfahrt sowie in elektrischen Hochleistungskomponenten.

Das Infiltrationsverfahren ist jedoch auch mit einigen Einschränkungen behaftet. Erstens ist die Temperaturkontrolle während des Infiltrationsprozesses sehr kritisch. Eine zu hohe Temperatur oder eine zu lange Infiltrationszeit kann zu einer übermäßigen Kupferdurchdringung führen und sogar die Struktur des Molybdänblechs zerstören, was die Leistung des Materials beeinträchtigt. Zweitens kann eine schlecht kontrollierte Eindringtiefe des Kupfers zu Ungleichmäßigkeiten führen, die die Leistung des Verbundwerkstoffs instabil machen. Darüber hinaus führen die Verflüchtigung und übermäßige Kupferdurchdringung während des Infiltrationsprozesses zu Materialabfall und erhöhen die Produktionskosten. Darüber hinaus stellt das Verfahren hohe Anforderungen an die Ausrüstung und erfordert einen Hochtemperaturofen und ein präzises Temperaturkontrollsystem, was die Ausrüstungsinvestitionen erhöht und den Betrieb erschwert. Obwohl das Infiltrationsverfahren eine hohe

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Produktionseffizienz aufweist, stellt es daher sehr strenge Anforderungen an die Prozess- und Ausrüstungskontrolle.

4.3 Anwendung der 3D-Drucktechnologie bei der Herstellung von Molybdän-Kupferblechen

Die 3D-Drucktechnologie eröffnet neue Möglichkeiten für die Herstellung von Molybdän-Kupfer-Blechen, insbesondere für komplexe Formen und die kundenspezifische Fertigung. Im Gegensatz zu herkömmlichen Gieß-, Sinter- und anderen Verfahren wird beim 3D-Druck Molybdän-Kupfer-Pulver schichtweise geschmolzen und durch Technologien wie Laserschmelzen oder Elektronenstrahlschmelzen schichtweise aufgetragen, um komplexe geometrische Formen und feine Strukturen zu erzeugen. Dieses Verfahren ermöglicht die präzise Steuerung der Materialzusammensetzung und -struktur jeder Schicht entsprechend den Designanforderungen und gewährleistet so eine präzise Kontrolle der Leistung von Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffen.

Beim 3D-Druckverfahren werden zunächst Molybdän- und Kupferpulver gemischt, üblicherweise ein Mischpulver aus Molybdän- und Kupferpulver. Während des Druckvorgangs wird das Pulver durch einen Laser- oder Elektronenstrahl auf Schmelztemperatur erhitzt. Die geschmolzene Molybdän-Kupfer-Mischung wird schichtweise auf der Druckplattform aufgetragen und bildet nach und nach eine dreidimensionale Struktur. Dank der hohen Flexibilität der 3D-Drucktechnologie können Molybdän-Kupfer-Platten mit komplexen Formen und präzisen Strukturen hergestellt werden. Dies eignet sich besonders für die Kleinserienfertigung mit hohem Individualisierungsbedarf.

Einer der Hauptvorteile der 3D-Drucktechnologie besteht in der präzisen Steuerung der Materialverteilung und damit in der Verbesserung der Gesamtleistung der Materialien. Im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren zeichnet sich der 3D-Druck durch Materialersparnis, verbesserte Produktionseffizienz und Abfallreduzierung aus und eignet sich besonders für Anwendungen mit komplexen Strukturen und hohen Präzisionsanforderungen. Darüber hinaus ermöglicht die 3D-Drucktechnologie die Echtzeitanpassung der Materialzusammensetzung und -struktur während des Produktionsprozesses, was die Gestaltung von Molybdän-Kupfer-Blechen flexibler macht.

Die 3D-Drucktechnologie weist jedoch auch einige Einschränkungen auf. Erstens ist die Druckgeschwindigkeit, insbesondere bei der Großserienproduktion, trotz hoher Flexibilität des Druckverfahrens relativ gering und möglicherweise nicht mit herkömmlichen Fertigungsverfahren vergleichbar. Zweitens sind die für den 3D-Druck verwendeten Geräte teuer und erfordern hohe Bedienkenntnisse. Da der Druck von Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffen hohe Temperaturen und eine präzise kontrollierte Umgebung erfordert, ist eine hohe Leistung der Geräte erforderlich. Zudem kann die Oberfläche der Molybdän-Kupfer-Platte nach dem 3D-Druck rau sein und erfordert eine Nachbearbeitung wie Schleifen und Polieren, um die optimale Oberflächengüte und Maßgenauigkeit zu erreichen.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Copper Sheets Introduction

1. Overview of Molybdenum Copper Sheets

Molybdenum-copper (Mo-Cu) sheets are composite materials composed of molybdenum and copper. Thanks to their unique combination of thermal, electrical, and mechanical properties, as well as their tunability, Mo-Cu sheets are widely used in fields such as thermal management, high-performance electronic devices, semiconductors, and aerospace. They are commonly utilized as packaging materials, integrated circuit substrates, heat sinks, and LED thermal dissipation substrates. At CTIA GROUP LTD, we can customize molybdenum-copper products with specific dimensions and compositions according to customer requirements.

2. Features of Molybdenum Copper Sheets

- Excellent Electrical Conductivity:** Suitable for applications requiring efficient electrical connections.
- High Thermal Conductivity:** Capable of rapid heat transfer, ideal for electronic devices that require effective thermal dissipation.
- Low Coefficient of Thermal Expansion:** Highly compatible with semiconductor materials like silicon, helping to minimize thermal stress caused by temperature fluctuations and preventing deformation or damage to components.
- Good Workability:** Can be processed through cutting and other techniques into parts of various sizes and shapes to meet diverse application needs.

3. Typical Properties of Molybdenum-Copper Alloys

Material Composition	Density (g/cm³)	Thermal Conductivity (W/M·K at 25°C)	Thermal Expansion Coefficient (10 ⁻⁶ /°C)
Mo85Cu15	10.00	160-180	6.8
Mo80Cu20	9.90	170-190	7.7
Mo70Cu30	9.80	180-200	9.1
Mo60Cu40	9.66	210-250	10.3
Mo50Cu50	9.54	230-270	11.5

4. Production Method of Molybdenum Copper Sheets

The preparation of molybdenum-copper sheets is primarily carried out using the infiltration method, which takes advantage of molybdenum's high melting point and copper's excellent fluidity. In this process, copper is infiltrated into a molybdenum preform at high temperatures, resulting in the formation of a dense molybdenum-copper composite material.

5. Purchasing Information

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

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kapitel 5 Hauptproduktionsausrüstung für Molybdän-Kupferbleche

5.1 Produktionsanlagen für die Pulvermetallurgie-Technologie von Molybdän-Kupferblechen

Die Pulvermetallurgie ist ein gängiges Verfahren zur Herstellung von Molybdän-Kupfer-Blechen. Der endgültige Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoff wird hauptsächlich durch Mischen von Molybdän- und Kupferpulver sowie anschließendes Pressen und Sintern hergestellt. Während des gesamten Produktionsprozesses sind die Qualität und Gleichmäßigkeit des Pulvers entscheidend für die Leistung des Molybdän-Kupfer-Blechs. Daher ist die Pulverauffbereitungsanlage ein zentrales Element im Produktionsprozess.

5.1.1 Pulverauffbereitungsanlagen

Der erste Schritt der Pulvermetallurgie ist die Pulverauffbereitung. Zu den gängigen Geräten gehören Kugelmühlen und Zerstäuber, mit denen Molybdän- und Kupferrohstoffe zu feinen, gleichmäßigen Pulvern verarbeitet werden. Die Qualität des Pulvers beeinflusst direkt die Wirkung der nachfolgenden Aufbereitung von Molybdän-Kupfer-Blechen. Daher ist die Wahl der richtigen Pulverauffbereitungsanlage von großer Bedeutung.

5.1.1.1 Kugelmühle

Im Bereich der Pulvermetallurgie spielen Kugelmühlen als Geräte zur Kernpulverauffbereitung aufgrund ihrer effizienten und stabilen Leistung eine wichtige Rolle bei der Herstellung von Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffen. Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffe vereinen den hohen Schmelzpunkt und die geringe Ausdehnung von Molybdän mit der hohen elektrischen Leitfähigkeit und guten Wärmeleitfähigkeit von Kupfer. Sie finden breite Anwendung in High-End-Bereichen wie der Elektronikverpackung sowie der Luft- und Raumfahrt und Kugelmühlen sind das Schlüsselgerät zur Feinverarbeitung der Rohmaterialpulver. Das Funktionsprinzip der Kugelmühle beruht auf Dynamik und mechanochemischen Effekten. Wenn die Anlage läuft, werden die inneren Mahlkugeln (meistens aus Edelstahl, Zirkonoxid oder Wolframkarbid) durch den sich hochgeschwindigkeitsrotierenden Zylinder angetrieben und erzeugen eine zusammengesetzte Bewegungsbahn aus Fall-, Gleit- und Rollbewegungen. Wenn die Mahlkugeln mit den Molybdän- und Kupferrohstoffpulvern in Kontakt kommen, zerkleinert die entstehende Aufprallkraft die groben Partikel. Die Reibung zwischen den Mahlkugeln und der Zylinderwand zermahlt das Pulver zusätzlich und führt zu einer Partikelverfeinerung. Dabei verändert sich nicht nur die physikalische Größe des Pulvers, sondern auch seine Oberflächenaktivität und der Grad der Gitterverzerrung nehmen zu. Dies schafft optimale Voraussetzungen für den anschließenden Sinterprozess.

Die präzise Steuerung der Prozessparameter ist der Kern der Kugelmühlenanwendung. Durch eine längere Kugelmahlzeit lässt sich die Pulverpartikelgröße von anfänglich einigen zehn Mikrometern auf Submikrometer reduzieren. Eine zu lange Mahldauer kann jedoch zu Kaltverschweißungen führen. Durch die Anpassung der Rotationsgeschwindigkeit (üblicherweise 60–80 % der kritischen Drehzahl)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

lässt sich die Bewegung der Mahlkugeln verändern. Eine hohe Rotationsgeschwindigkeit verbessert die Prallzerkleinerung, eine niedrige Rotationsgeschwindigkeit dient dem Mahlen und Verfeinern. Die Wahl des Mahlkugelmediums (z. B. Größenverhältnis, Materialhärte) wirkt sich direkt auf die Zerkleinerungsleistung aus: Stahlkugeln mit großem Durchmesser eignen sich für die Grobzerkleinerung, Zirkonoxiddkugeln mit kleiner Partikelgröße für die Feinzerkleinerung. Ein Unternehmen konnte die durchschnittliche Partikelgröße von Molybdän-Kupfer-Verbundpulver durch Optimierung der Kugelmahlparameter von 15 µm auf 1,2 µm reduzieren und so die Dichte und die Festigkeit der Grenzflächenbindung des Materials deutlich verbessern. Die Vorteile der Anlage selbst fördern ihre breite Anwendung. Große industrielle Kugelmöhlen können bis zu mehreren Tonnen gleichzeitig verarbeiten und erfüllen mit dem automatischen Zuführsystem die Anforderungen der Großproduktion. Ihr modularer Aufbau erleichtert den Austausch und die Wartung von Komponenten wie Zylinder, Auskleidung und Mahlkugeln und sorgt für eine hohe Betriebsstabilität.

In einer Produktionslinie für elektronisches Verpackungsmaterial aus Molybdän-Kupfer liegt die Schwankung der Pulverpartikelgröße nach 3.000 Stunden Dauerbetrieb der Kugelmühle immer noch innerhalb von $\pm 5\%$, was die Gleichmäßigkeit der Produktqualität effektiv gewährleistet. Darüber hinaus ist das Kugelmahlverfahren sehr tolerant gegenüber der Form der Rohstoffe. Ob Schüttgut oder hochreines Pulver – mit dieser Anlage können diese recycelt oder feinverarbeitet werden. Sie entspricht dem Konzept der umweltfreundlichen Fertigung und ist zu einer unverzichtbaren Grundausstattung der Pulvermetallurgie geworden.

5.1.1.2 Zerstäubungseinrichtung

Zerstäubungsanlagen sind ein weiteres häufig verwendetes Werkzeug zur Pulveraufbereitung, insbesondere geeignet für die Herstellung von Kupfer- und Molybdänlegierungspulvern. Durch die Zerstäubung wird geschmolzenes Metall in winzige Tröpfchen zerstäubt, die abgekühlt und zu feinem Metallpulver verfestigt werden. Im Vergleich zu Kugelmöhlen können Zerstäubungsanlagen gleichmäßigere Pulver erzeugen, insbesondere hinsichtlich der Partikelgrößenverteilung und der Morphologiekontrolle. Zerstäubtes Pulver weist eine feinere Partikelgröße sowie eine gute Fließfähigkeit und Dispergierbarkeit auf und eignet sich daher sehr gut für die Präzisionsbearbeitung und die Hochleistungsmaterialaufbereitung in der Pulvermetallurgie.

Zerstäubungsanlagen umfassen üblicherweise verschiedene Typen wie Gaszerstäubung und Zentrifugalzerstäubung. Die Wahl des richtigen Zerstäubungsverfahrens kann die Pulverqualität effektiv verbessern. Gaszerstäubungsanlagen verwenden Hochdruckgas, um geschmolzenes Metall zu Nebeltröpfchen zu zerstäuben und erhalten nach dem Abkühlen feines Pulver. Dieses Verfahren eignet sich besonders für die Herstellung von Molybdän-Kupfer-Legierungspulver, da es die Gleichmäßigkeit und Stabilität des Pulvers verbessert und so die Leistung nachfolgender Molybdän-Kupfer-Bleche verbessert.

Der Vorteil von Zerstäubungsanlagen besteht darin, dass sie schnell und effizient hochwertiges Metallpulver produzieren können, das sich für die industrielle Großproduktion eignet. Durch die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Feinabstimmung der Parameter des Zerstäubungsprozesses können die gewünschten Pulvereigenschaften erzielt werden, um den Produktionsanforderungen verschiedener Molybdän-Kupfer-Bleche gerecht zu werden.

5.1.2 Pulverformanlagen

Das Pulverpressen ist ein entscheidender Schritt im Pulvermetallurgieprozess. Ziel ist es, das gemischte Molybdän-Kupfer-Pulver unter Einwirkung äußerer Kraft zu einem Rohling mit der gewünschten Form und Dichte zu pressen und so die Grundlage für den anschließenden Sinterprozess zu legen. Zu den gängigen Pulverpressanlagen gehören hydraulische und isostatische Pressen.

5.1.2.1 Hydraulische Presse (zur Kaltumformung von Molybdän-Kupfer-Barren)

Hydraulische Pressen werden häufig beim Kaltpressen in der Pulvermetallurgie eingesetzt, insbesondere bei der Herstellung von Molybdän-Kupfer-Blechen. Die Hydraulikpresse erzeugt über ihr Hydrauliksystem einen gleichmäßigen Druck, um das gemischte Molybdän-Kupfer-Pulver zu einem Rohling der gewünschten Form zu pressen. Die Anlage erzeugt hohen Druck, um einen guten Kontakt zwischen den Pulvern zu gewährleisten und so die Dichte und Gleichmäßigkeit des Rohlings zu verbessern. Beim Kaltpressen wird das Molybdän-Kupfer-Pulver in die Form gegeben, die Hydraulikpresse übt Druck aus, wodurch das Pulver komprimiert und zu einem Rohling geformt wird. Die Druck- und Zeitkontrolle während des Formungsprozesses sind entscheidend und können die Dichte und Festigkeit des Rohlings beeinflussen. Der Vorteil der Hydraulikpresse liegt darin, dass sie große Pulvermengen verarbeiten und gleichzeitig die Qualität des geformten Rohlings stabil halten kann. Die Anwendung hydraulischer Pressen beschränkt sich nicht nur auf die Herstellung von Molybdän-Kupfer-Blechen, sondern wird auch häufig beim Pulverformen anderer Metalle und Legierungen eingesetzt. Die Anlagen sind einfach zu bedienen und zu warten, eignen sich für die kontinuierliche und Serienproduktion und erfüllen die Anforderungen der industriellen Produktion.

5.1.2.2 Isostatische Presse

Die isostatische Presse ist ein Formgerät, das einen gleichmäßigen statischen Druck auf Pulvermaterialien ausübt und in alle Richtungen gleichmäßigen Druck ausüben kann, um die Gleichmäßigkeit und Dichte des geformten Rohlings zu gewährleisten. Der größte Vorteil des isostatischen Pressens besteht darin, dass es die Dichte des Rohlings effektiv erhöht und die gleichmäßige Verteilung von Kupfer- und Molybdänpulver im Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoff gewährleistet. Dadurch wird die Qualitätsstabilität während des anschließenden Sinterprozesses verbessert.

Das Molybdän-Kupfer-Pulver wird gleichmäßig in einer geschlossenen Form verteilt. Durch Anwendung von hydraulischem oder pneumatischem Druck wird das Pulver gleichzeitig in alle Richtungen einem gleichmäßigen Druck ausgesetzt, wodurch ein Barren mit hoher Dichte entsteht. Anders als hydraulische Pressen können isostatische Pressen einen gleichmäßigeren Druck ausüben, wodurch die physikalischen Eigenschaften des geformten Barrens in alle Richtungen konsistenter werden, was sich besonders für die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Herstellung von Molybdän-Kupfer-Bleichen eignet, die eine hohe Dichte erfordern. Der Vorteil der isostatischen Presse besteht darin, dass sie eine höhere Dichte bei niedrigerem Druck erreichen kann, was sich besonders für einige Produkte eignet, die eine hohe Gleichmäßigkeit und Präzision erfordern. Die isostatische Presse kann sicherstellen, dass das Molybdän-Kupfer-Pulver während des Formungsprozesses vollständig integriert wird, die Struktur des Verbundwerkstoffs verbessern und somit die Qualität des geformten Barrens steigern. Obwohl die Anlagenkosten relativ hoch sind, wird sie aufgrund ihrer hervorragenden Formgebungswirkung immer noch häufig bei der Herstellung hochwertiger pulvermetallurgischer Produkte eingesetzt.

5.1.3 Sinteranlage

Das Sintern ist der letzte Schritt im Pulvermetallurgieprozess. Dabei verbinden sich die Metallpartikel im Pulver bei hohen Temperaturen zu einem Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoff mit dichter Struktur. Die Sinteranlage spielt im gesamten Produktionsprozess eine Schlüsselrolle und beeinflusst die endgültige Leistung des Molybdän-Kupfer-Blechs. Zu den häufig verwendeten Sinteranlagen gehören Vakuumsinteröfen, Atmosphärensinteröfen usw. Während des Sinterprozesses wird der geformte Molybdän-Kupfer-Block in den Sinterofen gelegt und auf eine bestimmte Temperatur erhitzt, um Diffusion und Bindung zwischen den Molybdän- und Kupferpulverpartikeln zu ermöglichen. Die Kontrolle von Sintertemperatur, -zeit und -atmosphäre hat entscheidenden Einfluss auf die Sinterqualität. Unter Hochtemperaturbedingungen findet an der Grenzfläche zwischen Molybdän und Kupfer eine physikalische und chemische Reaktion statt, die allmählich eine starke Bindung bildet.

Vakuum- und Atmosphärensinteröfen sind die gängigsten Sinteranlagen. Vakuum- und Atmosphärensinteröfen werden hauptsächlich zur Herstellung von Molybdän-Kupferbleichen eingesetzt, die in einer sauerstofffreien Umgebung gesintert werden müssen. Dadurch werden Oxidationsreaktionen vermieden und die Materialqualität verbessert. Atmosphärensinteröfen eignen sich zum Sintern unter kontrollierten Atmosphärenbedingungen. Durch die Anpassung der Atmosphärenzusammensetzung im Ofen (z. B. Stickstoff, Wasserstoff usw.) lassen sich der Sinterprozess des Materials und dessen Leistung nach dem Sintern effektiv steuern. Die Auswahl der Sinteranlage richtet sich nach den spezifischen Anforderungen des Molybdän-Kupferblechs. Beispielsweise eignet sich ein Vakuum- und Atmosphärensinterofen für Produkte mit hohen Anforderungen an Oxidation und Atmosphäre, während Atmosphärensinteröfen für die Herstellung großformatiger und effizienter Molybdän-Kupferbleche geeignet sind. In der industriellen Produktion wirken sich Stabilität und Effizienz der Sinteranlage direkt auf Ausbeute und Produktionskosten aus. Daher ist die sinnvolle Auswahl der Sinterausrüstung einer der Schlüssel zur Gewährleistung der Qualität von Molybdän-Kupferbleichen.

5.1.3.1 Vakuumsinterofen (zum Sintern bei hohen Temperaturen, kontrollierte Atmosphäre zur Vermeidung von Oxidation)

Vakuumsinteröfen werden häufig zur Herstellung von Molybdän-Kupfer-Bleichen eingesetzt, insbesondere wenn das Sintern in sauerstofffreier oder kontrollierter Atmosphäre erforderlich ist. Der Vakuumsinterofen erzeugt durch Absaugen der Luft im Ofen eine nahezu vakuumähnliche Umgebung

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

und verhindert so die Oxidationsreaktion, die durch den Kontakt zwischen Metall und Sauerstoff bei hohen Temperaturen entsteht. Molybdän- und Kupfermaterialien behalten in dieser Umgebung ihre ursprünglichen physikalischen und chemischen Eigenschaften, vermeiden die Bildung von Oxidschichten und gewährleisten die elektrische Leitfähigkeit, Wärmeleitfähigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit des Molybdän-Kupfer-Blechs.

Im Vakuumsinterofen werden Temperatur, Druck und Zeit des Sinterprozesses präzise entsprechend den Materialeigenschaften und den Produktanforderungen gesteuert. In einer Vakuumumgebung ist die Sintertemperatur üblicherweise höher, was die Diffusion und Bindung zwischen den Metallpartikeln fördert und so die optimale Dichte und Festigkeit erreicht. Der Vakuumsinterofen dient außerdem der Atmosphärenregulierung. Durch die Anpassung der Gaszusammensetzung im Ofen (z. B. Stickstoff, Wasserstoff usw.) kann die Reaktion während des Sinterprozesses weiter gesteuert werden, um die mechanischen Eigenschaften und die Oberflächenqualität des Molybdänkupferblechs zu verbessern.

Der Vorteil des Vakuumsinterofens besteht darin, dass er Oxidationsreaktionen wirksam verhindert und die Reinheit und Qualität der gesinterten Materialien verbessert. Er eignet sich insbesondere für die Herstellung von Molybdänkupferblechen mit strengen Anforderungen an die Oxidation. Es wird häufig in der Luft- und Raumfahrt, bei hochwertigen elektronischen Geräten und bei der Materialvorbereitung in Hochtemperaturumgebungen verwendet.

5.1.3.2 Heißpress-Sinterofen

Der Heißpress -Sinterofen kombiniert die beiden Verfahren Heißpressen und Sintern und eignet sich für das Sintern von Molybdän-Kupfer-Blechen, bei denen gleichzeitig Druck bei hohen Temperaturen ausgeübt werden muss. Im Gegensatz zu herkömmlichen Sinterverfahren erzeugt der Heißpress-Sinterofen nicht nur Wärme während des Sinterprozesses, sondern übt auch Druck aus, um die enge Bindung der Pulverpartikel zu fördern. Durch Druckausübung kann der Heißpress -Sinterofen die Dichte und die mechanischen Eigenschaften des Materials verbessern und eignet sich besonders für die Herstellung von hochdichten, hochfesten Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffen. Das Funktionsprinzip des Heißpress- Sinterofens besteht darin, den Pulverblock in eine Form zu legen, unter Druck zu erhitzen und die Molybdän-Kupfer-Pulverpartikel bei der Sintertemperatur zu verformen und zu verschmelzen.

Dieses Verfahren ermöglicht eine höhere Dichte und eine gleichmäßigere Partikelverteilung und verbessert so die Gesamtleistung des Materials. Der Heißpress -Sinterofen eignet sich für Produkte mit besonders hoher Dichte und Festigkeit, insbesondere in anspruchsvollen Bereichen wie Hochleistungselektronikkomponenten und Luft- und Raumfahrtmaterialien .

Der Vorteil des Heißpress -Sinterofens besteht darin, dass er in kürzerer Zeit eine höhere Dichte erreichen und den Sintereffekt durch Druck- und Temperaturanpassung präzise steuern kann, um die physikalischen Eigenschaften der Molybdän-Kupfer-Platte zu verbessern. Nachteile sind die relativ komplexe Ausrüstung und die hohen Investitionen. Für die Herstellung von Hochleistungs-Molybdän-Kupfer-Platten ist der Heißpress -Sinterofen jedoch nach wie vor unverzichtbar.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.1.4 Nachbearbeitungsgeräte

Nachbearbeitungsgeräte spielen eine wichtige Rolle im Produktionsprozess von Molybdänkupferblechen und dienen hauptsächlich der Verbesserung der mechanischen Eigenschaften, der Oberflächenqualität und der Formgenauigkeit von Molybdänkupferblechen. Zu den üblichen Nachbearbeitungsgeräten gehören Wärmebehandlungsöfen und Präzisionsschleifmaschinen, die zur Verbesserung der Endleistung von Molybdänkupferblechen beitragen.

5.1.4.1 Wärmebehandlungsöfen

Wärmebehandlungsöfen werden bei der Wärmebehandlung von Molybdänkupferblechen eingesetzt. Durch Erhitzen und Steuern der Abkühlrate wird die Kristallstruktur des Materials verändert, wodurch Härte, Festigkeit und Verschleißfestigkeit verbessert werden. Wärmebehandlungsöfen verwenden üblicherweise präzise Temperaturkontrollsysteme, um Molybdänkupferbleche bei einer bestimmten Temperatur zu glühen, zu altern oder abzuschrecken und so die gewünschten physikalischen Eigenschaften zu erreichen. Wärmebehandlungsöfen spielen bei der Herstellung von Molybdänkupferblechen eine besonders wichtige Rolle, insbesondere für die Verbesserung der inneren Materialstruktur und den Abbau innerer Spannungen. Durch die Anpassung von Heiztemperatur und Haltezeit kann die Wärmebehandlung die Struktur von Molybdänkupferblechen effektiv verändern, ihre mechanischen Eigenschaften verbessern und ihre Beständigkeit gegen Wärmeausdehnung, Oxidation und Korrosion erhöhen. Durch die Wärmebehandlung können Dichte, Oberflächenhärte und Dauerfestigkeit von Molybdänkupferblechen deutlich verbessert werden. Es gibt viele Arten von Wärmebehandlungsöfen, darunter Kastenöfen, Schachtöfen, Drehrohröfen usw. Durch die Auswahl eines geeigneten WärmebehandlungsOfens können die Stabilität und Gleichmäßigkeit des Wärmebehandlungsprozesses sichergestellt und dadurch die Qualität und Leistung von Molybdänkupferblechen verbessert werden.

5.1.4.2 Präzisionsschleifmaschinen

Präzisionsschleifmaschinen werden zur Oberflächenbearbeitung von Molybdänkupferblechen eingesetzt, hauptsächlich zum Entfernen von Unebenheiten und zur Verbesserung der Oberflächengüte. Präzisionsschleifmaschinen verwenden schnell rotierende Schleifscheiben, um die Oberfläche von Molybdänkupferblechen fein zu schleifen. Dadurch werden raue Stellen entfernt und die erforderliche Maßgenauigkeit und Oberflächenqualität erreicht. Präzisionsschleifmaschinen spielen eine wichtige Rolle bei der Nachbearbeitung von Molybdänkupferblechen, insbesondere bei Anwendungen mit hohen Präzisionsanforderungen, wo sie hochwertige Oberflächenbehandlungseffekte erzielen. Präzisionsschleifmaschinen gewährleisten nicht nur eine glatte und fehlerfreie Oberfläche von Molybdänkupferblechen, sondern sorgen auch für präzisere Abmessungen und die Erfüllung technischer Anforderungen. Präzisionsschleifmaschinen finden breite Anwendungsmöglichkeiten, darunter Konturbearbeitung, Flächenschleifen und Größenanpassung von Molybdänkupferblechen. Durch die Bearbeitung mit Präzisionsschleifmaschinen können Molybdänkupferbleche eine höhere Präzision erreichen und sich an anspruchsvollere Arbeitsumgebungen und Anwendungsanforderungen anpassen.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.2 Produktionsanlagen zur Infiltration von Molybdän-Kupfer-Blechen

Die Infiltration ist ein wichtiges Verfahren zur Herstellung von Molybdän-Kupfer-Blechen. Durch Schmelzen und Infiltrieren von Kupfer in die Poren des Molybdän- Blechs entsteht ein Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoff. Die Wahl der geeigneten Produktionsanlagen hat dabei entscheidenden Einfluss auf die Leistung und Qualität des Endmaterials. Zu den wichtigsten Produktionsanlagen des Infiltrationsverfahrens gehören hydraulische Pressen und Vakuumsinteröfen, die zum Formen von Molybdänpulver bzw. zum Sintern und Infiltrieren von Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffen eingesetzt werden.

5.2.1 Hydraulische Presse (zum Formen von Molybdänpulver)

Die hydraulische Presse wird beim Infiltrationsverfahren von Molybdänkupferblechen hauptsächlich zum Pressen des Molybdänpulvers in der Anfangsphase eingesetzt. Die Formgebung des Molybdänpulvers ist der erste Schritt des Infiltrationsverfahrens und bestimmt die Qualität der nachfolgenden Kupferinfiltration und des endgültigen Molybdänkupferblechs. Die hydraulische Presse presst das Molybdänpulver unter hohem Druck zu einem Rohling mit einer bestimmten Form und Dichte. Die Anlage sorgt für einen stabilen Druck, sodass sich das Molybdänpulver gleichmäßig in der Form verteilt und so ein dichtes Molybdänskelett entsteht.

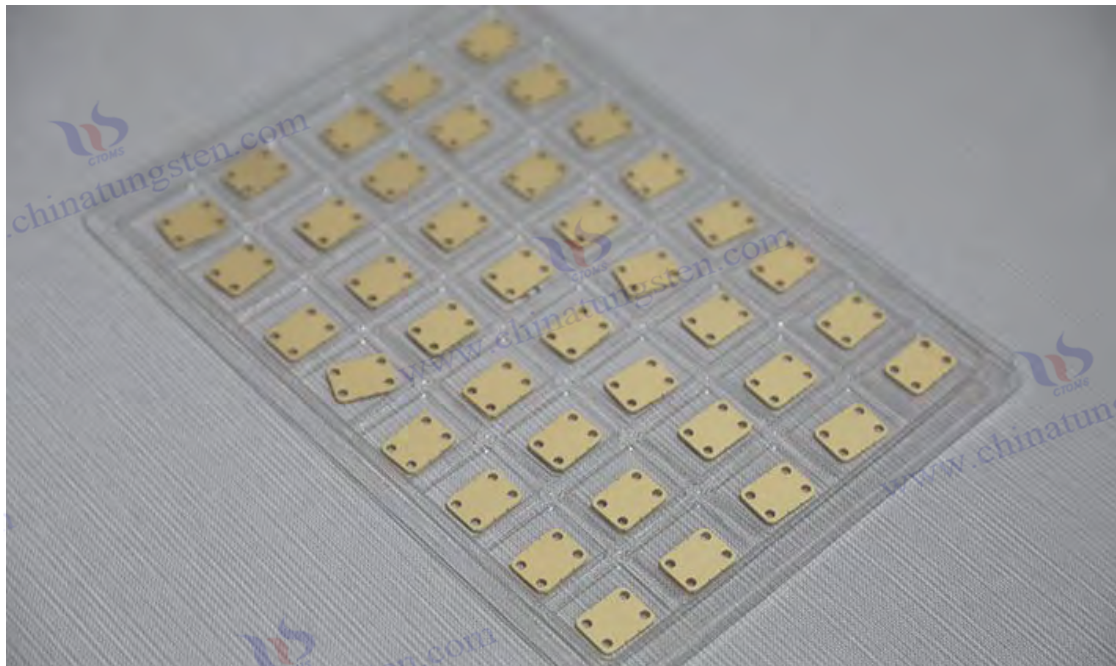
Der Vorteil hydraulischer Pressen liegt in der präzisen Druckregelung. Presskraft und -zeit lassen sich bedarfsgerecht anpassen, um die Dichte und Gleichmäßigkeit des Molybdänpulverrohlings zu gewährleisten. Das geformte Molybdänskelett wird dem nächsten Infiltrationsprozess zugeführt. Hydraulische Pressen eignen sich nicht nur zur Herstellung von Molybdänkupferblechen, sondern werden auch häufig zur Formung anderer Metallpulver eingesetzt. Sie zeichnen sich durch einfache Bedienung, hohe Stabilität und hohe Produktionseffizienz aus.

5.2.2 Vakuum-Sinterofen (zum Sintern des Molybdän-Skeletts und zur Infiltration von Kupfer)

Der Vakuumsinterofen spielt eine entscheidende Rolle bei der Infiltration von Molybdän-Kupfer-Blechen. Er wird hauptsächlich zum Sintern des Molybdänskeletts und zur Infiltration von Kupfer verwendet. Nachdem das Molybdänskelett gebildet wurde, müssen die Molybdänpulverpartikel durch einen Sinterprozess im Vakuum oder einer speziellen Atmosphäre zu einer dichten Molybdänmatrix verbunden werden, um die mechanische Festigkeit und strukturelle Stabilität des Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffs zu gewährleisten. Im Vakuumsinterofen wird das gebildete Molybdänskelett zunächst in den Ofen gegeben und bei hoher Temperatur gesintert. Die Vakuumumgebung kann wirksam verhindern, dass das Molybdänmaterial bei hohen Temperaturen mit Sauerstoff reagiert, den Oxidationsprozess vermeiden und die Reinheit und Stabilität des Molybdäns erhalten. Nach dem Sintern wird die Kupferquelle (normalerweise Kupferpulver oder Kupferlegierungspulver) in den Ofen gegeben und das Kupfer durch Erhitzen im Ofen geschmolzen. Die geschmolzene Kupferflüssigkeit beginnt, in die Poren des Molybdänskeletts einzudringen und eine Molybdän-Kupfer-Verbundstruktur zu bilden. Der Hauptvorteil des Vakuumsinterofens besteht darin, dass er Sintern und Infiltration in einer streng

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

kontrollierten Vakuumumgebung durchführen kann. Dadurch werden Oxidationsreaktionen effektiv vermieden und die hervorragende Leistung des Molybdän-Kupfer-Blechs sichergestellt. Der Vakuumsinterofen ermöglicht eine präzise Steuerung des Sinterprozesses durch Anpassung von Temperatur und Atmosphärenzusammensetzung und optimiert so die Endqualität des Molybdän-Kupfer-Blechs. Für Molybdänmaterialien, die bei hohen Temperaturen leicht oxidieren, ist der Vakuumsinterofen ein Schlüsselgerät zur Herstellung hochwertiger Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffe.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Kupferblech Bild

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

Kapitel 6: Methoden und Geräte zur Leistungsprüfung von Molybdän-Kupferblechen

6.1 Dichteprüfung von Molybdän-Kupferblechen

Die Dichte ist eine der wichtigsten physikalischen Eigenschaften zur Messung der Qualität von Molybdänkupferblechen und beeinflusst direkt die mechanischen Eigenschaften, die elektrische Leitfähigkeit und die Wärmeleitfähigkeit des Materials. Die häufig verwendete Dichteprüfmethode ist die Archimedes-Drainage-Methode, eine einfache und hochpräzise Messmethode, die im Herstellungsprozess von Molybdänkupferblechen weit verbreitet ist.

6.1.1 Prinzip und Funktionsweise des Archimedes-Entwässerungsverfahrens

Die archimedische Verdrängungsmethode basiert auf dem Auftriebsprinzip. Dieses besagt, dass ein vollständig in eine Flüssigkeit eingetauchter Gegenstand ein Flüssigkeitsvolumen verdrängt, das seinem Volumen entspricht. Durch Messung des verdrängten Volumens kann die Dichte des Gegenstands berechnet werden. Für diesen Test benötigen Sie zunächst eine elektronische Waage und ausreichend Flüssigkeit (Wasser oder eine andere geeignete Flüssigkeit). Die Dichte der Flüssigkeit muss bekannt sein; üblicherweise wird Wasser mit einer Dichte von 1 g/cm³ verwendet. Stellen Sie sicher, dass die Flüssigkeit im Behälter rein und blasenfrei ist. Messen Sie zunächst mit einer elektronischen Waage das Trockengewicht des Molybdänkupferblechs (die nicht in die Flüssigkeit eingetauchte Masse) und notieren Sie den Massewert. Tauchen Sie das Molybdänkupferblech anschließend vollständig in die Flüssigkeit ein und achten Sie darauf, dass es nicht schwimmt oder Blasen aufweist. Während des Eintauchvorgangs muss sichergestellt werden, dass das Molybdänkupferblech vollständig von der Flüssigkeit umgeben ist, um Fehler zu vermeiden. Messen Sie nach dem Eintauchen die in der Flüssigkeit schwimmende Masse und notieren Sie diese als Nassgewicht. Das Volumen des Molybdänkupferblechs lässt sich mit folgender Formel berechnen:

$$V = \frac{m_1}{\rho_{\text{液体}}}$$

Dabei ist m_1 das Trockengewicht des Molybdänkupferblechs und ρ_{liquid} die Dichte der Flüssigkeit. Die Dichteformel lautet:

$$\rho_{\text{钼铜片}} = \frac{m_1}{V}$$

Mit dieser Methode kann die Dichte des Molybdänkupferblechs mithilfe der Archimedes-Entwässerungsmethode genau gemessen werden, ohne dass die Probe dadurch beschädigt wird. Sie eignet sich besonders zur Prüfung der Dichte metallischer Werkstoffe.

6.2 Porositätsprüfung von Molybdän-Kupferblechen

Die Porosität ist ein wichtiger Indikator zur Messung der inneren Mikrostruktur von Molybdänkupferblechen und beeinflusst direkt die mechanische Festigkeit, Wärmeleitfähigkeit und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

elektrische Leitfähigkeit des Materials. Die Porositätsprüfung erfolgt durch metallografische Mikroskopbeobachtung und -berechnung, die hochpräzise Messergebnisse liefert. Diese Prüfmethode beobachtet die Mikrostruktur der Oberfläche von Molybdänkupferblechen, identifiziert das Vorhandensein und die Verteilung von Poren und berechnet die Porosität.

6.2.1 Metallografische Mikroskopbeobachtung und Berechnung

Die metallografische Mikroskopie ist ein hochauflösendes mikroskopisches Analyseverfahren, das die Mikrostruktur von Molybdänkupferblechen präzise darstellen kann. Vor der Durchführung des Porositätstests müssen die Molybdänkupferblechproben vorbereitet werden. Die Proben werden zunächst zugeschnitten, um Teststücke geeigneter Größe zu erhalten. Anschließend werden die Teststücke metallografisch poliert, um sicherzustellen, dass ihre Oberflächen glatt und eben sind und keine sichtbaren Defekte oder Kratzer aufweisen, sodass sie unter dem Mikroskop deutlich sichtbar sind. Während des Poliervorgangs wird Schleifpapier unterschiedlicher Körnung verwendet, um die Probenoberfläche schrittweise zu polieren und das optimale Finish zu erzielen.

Anschließend wird die Probe geätzt. Ziel des Ätzens ist es, die Oberfläche der Probe mit chemischen Reagenzien zu behandeln, Poren und Korngrenzen sichtbarer zu machen und ihre Erkennbarkeit zu verbessern. Häufig verwendete Ätzlösungen sind Ammoniakwasser, Eisenchlorid usw. Die verwendeten chemischen Reagenzien hängen vom Probenmaterial und den zu untersuchenden mikrostrukturellen Eigenschaften ab. Nach der Probenvorbereitung wird die Probe unter ein metallografisches Mikroskop gelegt. Das Mikroskop liefert hochauflösende Bilder, die die Oberfläche des Molybdänkupferblechs um das Hundertfache oder sogar noch stärker vergrößern und so die Morphologie und Verteilung der Poren präzise darstellen. Durch die Anpassung der Vergrößerung des Mikroskops lässt sich die Mikrostruktur auf verschiedenen Ebenen beobachten, wobei insbesondere auf die Identifizierung defekter Bereiche wie Poren und Risse geachtet wird. Poren erscheinen üblicherweise als schwarze oder transparente Bereiche und weisen physikalische Eigenschaften auf, die sich von denen der Metallmatrix unterscheiden.

Um die Porosität zu berechnen, müssen zunächst Bilder unter dem Mikroskop aufgenommen werden. Diese Bilder werden anschließend analysiert und mithilfe einer Bildanalysesoftware automatisiert verarbeitet. Die Software kann die Porenbereiche im Bild anhand verschiedener Algorithmen automatisch identifizieren und deren Flächenanteil berechnen. Üblicherweise verwendet die Bildanalysesoftware unterschiedliche Farben, um den Porenbereich vom Metallbereich zu unterscheiden und den von den Poren eingenommenen Flächenanteil zu berechnen. Die Porosität wird nach folgender Formel berechnet:

$$\text{孔隙率} = \frac{\text{孔隙区域的面积}}{\text{总面积}} \times 100\%$$

Mit dieser Formel lässt sich die Porosität der Probe bestimmen. Um die Genauigkeit der Testergebnisse zu gewährleisten, sind in der Regel mehrere Messungen an verschiedenen Stellen und die Ermittlung des Durchschnittswerts erforderlich. Der Vorteil eines metallografischen Mikroskops liegt in der hochauflösenden Darstellung winziger Poren und Defekte, wodurch die Porosität von Molybdän-Kupfer-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Blechen genauer beurteilt werden kann. Die Einführung einer Bildanalysesoftware macht den gesamten Porositätstestprozess effizienter und präziser und reduziert menschliche Fehler.

6.3 Zugversuch an Molybdän-Kupferblech

Zugversuche sind eine wichtige Methode zur Bewertung der mechanischen Eigenschaften von Molybdänkupferblechen. Sie dienen hauptsächlich der Messung des Spannungs-Dehnungs-Verhaltens von Werkstoffen unter Zugspannung, das deren Festigkeit, Duktilität und Zähigkeit widerspiegelt. Zugversuche werden üblicherweise mit einer universellen Werkstoffprüfmaschine durchgeführt, die die Belastung präzise steuern und die Verformung von Molybdänkupferblechen während des Dehnungsprozesses aufzeichnen kann.

6.3.1 Einsatz der Universal-Materialprüfmaschine

Die Universalprüfmaschine ist ein weit verbreitetes mechanisches Prüfgerät, das häufig zur Prüfung mechanischer Eigenschaften wie Zug-, Druck- und Biegetests von Materialien eingesetzt wird. Im Zugversuch wird die Molybdänkupferblechprobe zwischen die beiden Klemmen der Prüfmaschine gelegt. Die Prüfmaschine verformt die Probe während der Krafteinwirkung durch schrittweise zunehmende Zugkraft, bis das Material bricht oder die maximale Tragfähigkeit erreicht. Klemmen Sie zunächst die beiden Enden des Molybdänkupferblechs in die Klemme der Prüfmaschine ein, um eine feste Klemmposition zu gewährleisten und Prüffehler durch instabile Klemmung zu vermeiden. Anschließend übt die Prüfmaschine mit konstanter Geschwindigkeit Zugkraft aus und überwacht dabei die Dehnung der Probe. Während des Dehnungsvorgangs zeichnet die Prüfmaschine automatisch die Belastungs- und Verformungsdaten auf und ermittelt durch Datenanalyse wichtige Parameter wie Zugfestigkeit, Streckgrenze und Dehnung des Materials. Die Universalprüfmaschine bietet eine zuverlässige Grundlage für die Leistungsbewertung von Molybdänkupferblechen, indem sie die Dehnungsgeschwindigkeit steuert und genaue mechanische Daten aufzeichnet. Es wird häufig in der Qualitätskontrolle sowie in der Forschung und Entwicklung von Molybdän-Kupferblechen verwendet und trägt zur Optimierung der Materialeistung bei.

6.4 Biegeversuch von Molybdän-Kupferblech

Mit dem Biegeversuch wird das Verformungsvermögen von Werkstoffen unter Biegebelastung ermittelt und ihre Biegefestigkeit und Zähigkeit bewertet. Der Biegeversuch erfolgt üblicherweise mit der Dreipunkt- und der Vierpunkt-Biegemethode, die häufig bei der Leistungsprüfung von Molybdän-Kupferblechen und anderen Metallwerkstoffen eingesetzt werden.

6.4.1 Dreipunktbiegeverfahren

Das Dreipunktbiegeverfahren ist eine der gängigsten Biegeprüfmethoden. Dabei wird eine konzentrierte Last senkrecht zur Oberfläche des Molybdänkupferblechs in der Mitte aufgebracht, um bei beidseitiger Abstützung eine Biegeverformung zu bewirken. Während des Tests wird das Molybdänkupferblech

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

zwischen zwei Auflagepunkten platziert und in der Mitte gleichmäßig belastet. Mit zunehmender Belastung biegt sich das Molybdänkupferblech bis zur Streckgrenze bzw. Bruchstelle des Materials. Mit dieser Methode lassen sich Biegefestigkeit und Biegesteifigkeit von Molybdänkupferblechen intuitiv messen. Durch Beobachtung des Bruchs oder der plastischen Verformung der Probe während des Biegevorgangs lässt sich die Biegefestigkeit des Materials beurteilen. Bei der Herstellung von Molybdänkupferblechen eignet sich das Dreipunktbiegeverfahren besonders gut, um die Leistungsfähigkeit des Materials bei konzentrierter Belastung im praktischen Einsatz zu prüfen. Die Vorteile des Dreipunktbiegeverfahrens liegen in der Einfachheit des Prüfvorgangs, der Eignung für Proben unterschiedlicher Größe und Dicke, der einfachen Handhabung und der schnellen Ermittlung zuverlässiger Biegeleistungsdaten.

6.4.2 Vierpunktbiegeverfahren

Das Vierpunktbiegeverfahren ist ein weiteres häufig verwendetes Biegeprüfverfahren. Der Unterschied zum Dreipunktbiegeverfahren liegt in der Art der Belastung. Das Vierpunktbiegeverfahren erzeugt eine gleichmäßige Biegespannung auf dem Molybdänkupferblech, indem es eine gleichmäßige Belastung zwischen zwei Punkten der Probe und einen zusätzlichen Zweipunktdruck zwischen den Auflagepunkten ausübt. Im Vergleich zum Dreipunktbiegeverfahren kann das Vierpunktbiegeverfahren eine gleichmäßigere Spannungsverteilung auf der Probe erzeugen, den Einfluss konzentrierter Spannungen vermeiden und die Biegefestigkeit des Materials genauer darstellen. Während des Tests wird die Molybdänkupferblechprobe zwischen zwei Auflagepunkten platziert und die Last durch Zweipunktdruck auf den mittleren Bereich der Probe ausgeübt. Mit zunehmender Belastung nimmt die Biegeverformung des Molybdänkupferblechs allmählich zu, bis die Streckgrenze bzw. der Bruch des Materials erreicht ist. Das Vierpunktbiegeverfahren kann die lokale Überspannung, die beim Dreipunktbiegeverfahren auftritt, effektiv vermeiden und eignet sich zur Prüfung der Biegeeigenschaften von dünnen Plattenmaterialien oder großen Proben. Der Vorteil der Vierpunktbiegemethode besteht darin, dass sie das Verhalten von Materialien unter gleichmäßiger Belastung genauer simulieren kann und sich für Testszenarien mit hohen Anforderungen an die Biegeleistung von Hochleistungs-Molybdänkupferblechen eignet.

6.5 Schlagzähigkeitsprüfung von Molybdän-Kupferblech

Der Schlagzähigkeitstest dient der Bewertung der Widerstandsfähigkeit von Molybdänkupferblechen gegen Rissausbreitung und Beschädigung unter plötzlicher äußerer Krafteinwirkung. Er wird üblicherweise mit einem Pendelschlagversuch durchgeführt. Die Schlagzähigkeit spiegelt die Sprödigkeit oder Zähigkeit des Materials unter extremen Bedingungen wider. Dies ist insbesondere für die Leistung von Molybdänkupferblechen unter hohen Schlag- oder Spannungsbedingungen wichtig.

6.5.1 Wichtige Punkte zum Pendelschlagversuchsbetrieb

Der Pendelschlagversuch ist eine der gängigsten Methoden zur Prüfung der Schlagzähigkeit von Materialien. Während des Tests wird die Probe auf eine feste Unterlage gelegt und von einem Pendel beaufschlagt. Das Pendel schwingt in einem bestimmten Winkel und mit einer bestimmten

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Geschwindigkeit und trifft die Probe, wodurch diese bricht oder sich plastisch verformt. Die Prüfmaschine zeichnet die von der Probe nach dem Aufprall absorbierte Energie auf und gibt Aufschluss über ihre Schlagzähigkeit.

Während des Betriebs wird die Standardgröße der Molybdänkupferblechprobe zunächst in kleine Probenstücke zerschnitten und die Oberfläche auf Defektfreiheit geprüft. Anschließend wird die Probe auf dem Auflagetisch der Prüfmaschine fixiert. Die Positionierung der Auflagepunkte muss sicherstellen, dass beide Enden der Probe gleichmäßig belastet werden. Nachdem das Pendel in der Ausgangsposition bereit ist, wird es losgelassen. Das Pendel trifft auf die Probe und zerbricht sie. Während des Tests wird die kinetische Energie des Pendels durch den Aufprall auf die Probe übertragen. Die Höhenänderung des Pendels vor und nach dem Aufprall wird aufgezeichnet, um die von der Probe absorbierte Aufprallenergie zu berechnen.

Mit dem Pendelschlagversuch lässt sich die Leistungsfähigkeit von Molybdän-Kupferblechen unter extremen mechanischen Bedingungen, insbesondere bei großen Temperaturschwankungen oder schneller Belastung, effektiv prüfen. Die Schlagzähigkeit des Materials ist ein wichtiger Indikator für die Beurteilung seiner Zuverlässigkeit.

6.6 Wärmeleitfähigkeitsprüfung von Molybdän-Kupferblech

Die Wärmeleitfähigkeit ist ein wichtiger Parameter zur Messung der Wärmeleitungsfähigkeit von Molybdänkupferblechen, die sich direkt auf deren Leistung in Hochtemperaturumgebungen auswirkt. Wärmeleitfähigkeitstests können helfen, die Fähigkeit von Molybdänkupferblechen zur Wärmeleitung und zum Wärmemanagement zu bewerten, was insbesondere für Anwendungen in der Elektronik, der Luft- und Raumfahrt und anderen Bereichen wichtig ist.

6.6.1 Prinzip und Anwendung des Laser-Flash-Verfahrens

Die Laserblitzmethode ist eine berührungslose Methode, die häufig zur Messung der Wärmeleitfähigkeit von Materialien eingesetzt wird. Das Prinzip besteht darin, einen Laserstrahl auf die Materialoberfläche zu richten, einen kleinen Bereich schnell zu erhitzen und anschließend die Wärmeleitfähigkeit des Materials durch Messung der Oberflächentemperaturänderung zu berechnen. Beim Laserblitztest bestrahlt der Laserpuls die Oberfläche des Molybdänkupferblechs und erwärmt diese augenblicklich. Nachdem die Materialoberfläche die Laserenergie absorbiert hat, steigt die Temperatur schnell an und dehnt sich durch Wärmeleitung nach unten aus. Mithilfe einer hochpräzisen Wärmebildkamera oder eines Infrarotsensors wird die zeitliche Veränderung der Oberflächentemperatur des Materials gemessen. Anhand des zeitlichen Verlaufs der Temperaturänderung lassen sich die Temperaturleitfähigkeit und die Wärmeleitfähigkeit des Materials berechnen.

Der Vorteil der Laserblitzmethode besteht darin, dass sie eine berührungslose, zerstörungsfreie Prüfmethode ist, mit der sich die Wärmeleitfähigkeit von Materialien schnell und präzise messen lässt. Aufgrund ihrer hohen Messgeschwindigkeit und Genauigkeit wird die Laserblitzmethode häufig zur

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Bewertung der thermischen Eigenschaften von Molybdänkupferblechen und anderen Hochleistungsmaterialien eingesetzt, insbesondere zur Prüfung der Wärmeleitfähigkeit dünner Bleche. Dieses Verfahren wird häufig bei Hochtemperaturmaterialien, elektronischen Bauteilen, Luft- und Raumfahrtmaterialien usw. eingesetzt und ist für die Optimierung des Wärmemanagements von Molybdänkupferblechen unerlässlich. Bei der Entwicklung und Anwendung von Molybdänkupferblechen ist das Verständnis ihrer Wärmeleitfähigkeit entscheidend, um ihre Stabilität und Wirksamkeit in komplexen thermischen Umgebungen zu gewährleisten.

6.7 Prüfung des Wärmeausdehnungskoeffizienten von Molybdän-Kupferblechen

Der Wärmeausdehnungskoeffizient ist das Verhältnis der Maßänderung eines Materials bei Temperaturänderungen. Die Wärmeausdehnungseigenschaften von Molybdän-Kupfer-Blechen in Hochtemperaturumgebungen sind besonders wichtig für ihre Anwendungen, insbesondere in der Elektronik und Elektrik, die eine hohe Temperaturstabilität erfordern. Die Prüfung des Wärmeausdehnungskoeffizienten erfolgt üblicherweise mit einem thermomechanischen Analysator.

6.7.1 Einsatz des thermomechanischen Analysators (TMA)

Der thermomechanische Analysator (TMA) ist ein thermisches Analysegerät zur Messung der Dimensionsänderungen von Materialien unter kontrollierten Temperaturprogrammen in Abhängigkeit von Temperatur, Zeit und Krafteinwirkung. Das Kernprinzip besteht darin, die thermomechanischen Eigenschaften von Materialien durch die Einwirkung einer konstanten oder dynamischen mechanischen Belastung auf die Probe zu charakterisieren, während die Temperaturänderung kontrolliert und die Ausdehnung, Kontraktion, Erweichung oder sonstige Verformungen der Probe überwacht werden. TMA wird häufig in Materialwissenschaft, Ingenieurwesen und Fertigung eingesetzt, um die Wärmeausdehnung, den Erweichungspunkt und die Phasenwechseleigenschaften von Metallen, Keramiken, Polymeren und Verbundwerkstoffen (wie Molybdän-Kupfer-Blechen) zu untersuchen. Beispielsweise kann bei der Prüfung von Molybdän-Kupfer-Blechen mithilfe von TMA die Übereinstimmung des Wärmeausdehnungskoeffizienten (CTE) mit Keramik- oder Halbleitermaterialien bewertet werden, um die Zuverlässigkeit von elektronischen Verpackungen oder Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt zu gewährleisten. TMA ist üblicherweise mit einer Sonde, einem Probenklemmsystem, einem Heizofen und einem Wegsensor (wie einem linearen variablen Differentialtransformator, LVDT) ausgestattet, der die Dimensionsänderungen von Proben unter Druck-, Zug- oder Biegebeanspruchung präzise erfassen kann. Einige fortschrittliche TMA-Instrumente unterstützen auch die simultane Differenzial-Scanning-Kalorimetrie (SDTA), mit der thermische Effekte (wie Schmelzen oder Kristallisation) gleichzeitig gemessen werden können, um umfassendere Informationen zum Materialverhalten zu liefern.

TMA-Verfahren

Die Anwendung der TMA umfasst eine Reihe standardisierter Schritte, um genaue und wiederholbare Prüfergebnisse zu gewährleisten. Bereiten Sie zunächst die Probe vor. Achten Sie darauf, dass die Probe

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

eine regelmäßige Form (z. B. eine dünne Platte oder eine zylindrische Probe aus Molybdänkupferblech) aufweist, damit sie in das Spannsystem passt. Die Probengröße wird üblicherweise durch die Art der Vorrichtung bestimmt, z. B. müssen Höhe und Durchmesser der Probe im Druckmodus zur Vorrichtung passen. Wählen Sie anschließend den geeigneten Sondentyp (z. B. Drucksonde, Zugvorrichtung oder Dreipunktbiegevorrichtung) und konfigurieren Sie ihn entsprechend den Prüfzielen (z. B. Wärmeausdehnung oder Erweichungspunkt). Beispielsweise wird bei der Prüfung des Wärmeausdehnungskoeffizienten von Molybdänkupferblech üblicherweise eine Drucksonde zur Messung der linearen Ausdehnung verwendet. Die Gerätekalibrierung ist ein wichtiger Schritt. Temperatursensor und Wegsensor müssen kalibriert werden, um die Messgenauigkeit zu gewährleisten. Nach der Kalibrierung wird die Probe in den Ofen in der Nähe des Temperatursensors platziert, um eine genaue Temperaturregelung zu gewährleisten. Legen Sie die Prüfbedingungen fest, einschließlich des Temperaturprogramms (Heizen, Kühlen oder isothermisch), der angewandten Kraft (konstant oder dynamisch) und der Atmosphäre (z. B. Inertgas oder Luft). Während des Tests erfasst die Sonde die Dimensionsänderungen der Probe über den Wegsensor. Die Daten werden von der Gerätesoftware in Echtzeit erfasst und analysiert. Nach Abschluss des Tests wird die Vorrichtung gereinigt und der Probenzustand überprüft, um Verunreinigungen oder Geräteschäden zu vermeiden. Der gesamte Prozess muss den Betriebsanweisungen, beispielsweise der Norm ASTM E831, strikt folgen, um sicherzustellen, dass die Testergebnisse den Branchenspezifikationen entsprechen.

Anwendung von TMA bei der Prüfung von Molybdän-Kupferblechen

TMA wird häufig bei der Prüfung von Molybdänkupferblechen verwendet, insbesondere zur Bewertung seiner thermomechanischen Eigenschaften, um den Anforderungen der Elektronik, Luft- und Raumfahrt und Optoelektronik gerecht zu werden. Molybdänkupferbleche (wie Mo85Cu15, Mo70Cu30) werden aufgrund ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit und geringen Wärmeausdehnung häufig in Wärmeableitungssubstraten und Wärmemanagementkomponenten verwendet.

Molybdänkupferbleche werden im Druckmodus geprüft, um ihre thermische Verträglichkeit mit keramischen Werkstoffen (wie Aluminiumnitrid) zu überprüfen und thermische Spannungsfehler in elektronischen Gehäusen zu vermeiden. Beispielsweise stellt die TMA-Prüfung in 5G-Kommunikationsgeräten sicher, dass der Wärmeausdehnungskoeffizient von Mo60Cu40 mit dem des Substratmaterials übereinstimmt, um die Signalübertragungsstabilität zu optimieren. Darüber hinaus kann die TMA eingesetzt werden, um den Erweichungspunkt von Molybdänkupferblechen zu ermitteln und ihre Stabilität in Hochtemperaturumgebungen (wie z. B. in Triebwerken der Luft- und Raumfahrt) zu bewerten. Zugprüfungen können das mechanische Verhalten von Molybdänkupferblechen, wie Zugfestigkeit und Duktilität, charakterisieren und eignen sich zur Designprüfung von Molybdänkupferblechen für die Luft- und Raumfahrt. Die TMA kann zudem die Biegefestigkeit von Molybdänkupferblechen durch Dreipunkt-Biegeversuche analysieren, um ihre Zuverlässigkeit in komplexen Spannungsumgebungen sicherzustellen. Die synchrone SDTA-Funktion erweitert die Prüfmöglichkeiten zusätzlich. Beispielsweise können bei der Prüfung von Mo50Cu50 Wärmeausdehnung und mögliche Phasenänderungen oder chemische Reaktionen gleichzeitig erfasst werden, um umfassende Informationen zu den Materialeigenschaften zu liefern.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Vorsichtsmaßnahmen bei der Verwendung von TMA

Bei der Anwendung der TMA sind verschiedene Aspekte zu beachten, um die Zuverlässigkeit der Prüfergebnisse und die Sicherheit des Geräts zu gewährleisten. Form und Größe der Probe müssen streng kontrolliert werden, um unregelmäßige Proben zu vermeiden, die einen schlechten Kontakt mit der Vorrichtung oder Messfehler verursachen. Auch die Wahl der Umgebungsatmosphäre ist entscheidend. Beispielsweise sollten bei der Prüfung von Molybdän-Kupfer-Blechen Inertgase (wie Stickstoff oder Argon) verwendet werden, um die Oxidation der Kupferphase bei hohen Temperaturen zu verhindern. Die Einstellung des Temperaturprogramms sollte den Materialeigenschaften entsprechend sinnvoll gewählt werden. Beispielsweise deckt der Prüftemperaturbereich von Molybdän-Kupfer-Blechen üblicherweise die tatsächliche Anwendungsumgebung (z. B. -50 °C bis 800 °C) ab, um eine Überschreitung der Materialtoleranzgrenze zu vermeiden. Die angewandte Kraft muss präzise kontrolliert werden. Zu hohe Kraft kann zu Verformungen oder Beschädigungen der Probe führen, während zu geringe Kraft Dimensionsänderungen nicht genau erfassen kann. Darüber hinaus ist eine regelmäßige Kalibrierung von Geräten (wie Temperatur- und Wegsensoren) ein notwendiger Schritt, um die Datengenauigkeit zu gewährleisten. Es wird empfohlen, sich bei der Kalibrierung an den Normen ASTM E2113 und E1363 zu orientieren. Die Bediener müssen mit der Gerätesoftware und den Datenanalysemethoden vertraut sein, um die Testergebnisse korrekt interpretieren zu können, beispielsweise um Dimensionsänderungen durch Wärmeausdehnung und Erweichung zu erkennen. Schließlich müssen die Probenrückstände nach dem Test ordnungsgemäß gereinigt werden, um eine Kontamination der Vorrichtung oder des Ofenkörpers zu verhindern und einen langfristig stabilen Betrieb des Geräts zu gewährleisten.

6.8 Widerstandsprüfung von Molybdän-Kupferblechen

Der spezifische Widerstand ist ein wichtiger Parameter zur Messung der Leitfähigkeit von Materialien. Bei metallischen Werkstoffen wie Molybdän-Kupferblechen beeinflusst der spezifische Widerstand direkt deren Anwendung in Hochfrequenzgeräten und der Stromübertragung. Die Widerstandsmessung wird häufig mit der Vier-Sonden-Methode durchgeführt.

6.8.1 Vier-Sonden-Messverfahren

Mit der Vier-Sonden-Methode lässt sich der spezifische Widerstand eines Materials präzise berechnen. Dazu wird Strom an die Oberfläche des Materials angelegt und der Spannungsabfall gemessen. Während der Prüfung werden vier Sonden gleichmäßig auf der Probenoberfläche verteilt. Die beiden äußeren Sonden legen einen konstanten Strom an, die beiden inneren Sonden messen den Spannungsabfall. Aus der Beziehung zwischen Stromstärke und Spannungsabfall lässt sich so der Widerstandswert des Materials berechnen. Die Probenoberfläche muss eben und sauber sein, da Schmutz- und Oxidschichten die Messergebnisse beeinträchtigen können. Während der Prüfung leiten die vier Sonden Strom und messen die Spannung, indem sie die Probenoberfläche berühren. Das Gerät zeichnet die Spannungs- und Stromänderungen auf, um den spezifischen Widerstand zu berechnen. Diese Methode kann den Einfluss des Kontaktwiderstands eliminieren und die Messgenauigkeit sicherstellen. Sie eignet sich für die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Widerstandsmessung von hochleitfähigen Materialien wie Molybdän-Kupferblechen. Die Vier-Sonden-Methode eignet sich hervorragend zur Messung des spezifischen Widerstands von Dünnschichtmaterialien. Sie liefert hochpräzise Widerstandsdaten, die für die Anwendung von Molybdän-Kupfer-Blechen in der Elektronik, Halbleiterindustrie und anderen Bereichen von entscheidender Bedeutung sind.

6.9 Kontaktwiderstandsprüfung von Molybdän-Kupferblech

Der Kontaktwiderstand bezeichnet den Widerstand, der durch die Kontaktfläche zweier Materialien aufgrund von Oberflächenrauheit, Oxidation oder anderen Faktoren entsteht. Bei der Anwendung von Molybdän-Kupfer-Blechen beeinflusst der Kontaktwiderstand die Stromleitfähigkeit. Insbesondere bei elektronischen Hochfrequenzbauteilen wirkt sich die Größe des Kontaktwiderstands direkt auf die Leistung und Stabilität des Geräts aus.

6.9.1 Betriebsspezifikationen für die DC-Spannungsabfallmethode

Die Gleichspannungsabfallmethode ist eine häufig verwendete Methode zur Messung des Kontaktwiderstands. Der Kontaktwiderstand wird durch Anlegen eines Gleichstroms und Messen des Spannungsabfalls an der Kontaktfläche berechnet. Während des Tests wird die Molybdänkupferblechprobe zunächst in engen Kontakt mit einer anderen Elektrode gebracht. Dabei wird sichergestellt, dass die Oberfläche der Kontaktstelle frei von Schmutz und Oxiden ist und die Oberflächenbehandlung die erforderliche Ebenheit erreicht. Während der Prüfung wird über eine externe Stromversorgung Strom an die Kontaktfläche angelegt und der Spannungsabfall am Kontaktpunkt gemessen. Der Kontaktwiderstand lässt sich aus dem Verhältnis von Stromstärke und Spannung ermitteln. Mit dieser Methode lassen sich die Widerstandseigenschaften von Molybdänkupferblechen im Kontakt mit anderen Metallen effektiv messen. Sie eignet sich insbesondere für die Qualitätskontrolle von Hochfrequenzsteckverbindern. Die Vorteile der Gleichspannungsabfallmethode liegen in der einfachen Handhabung, den zuverlässigen Daten und der fehlenden Notwendigkeit spezieller Geräte. Sie eignet sich hervorragend für die tägliche Qualitätskontrolle und die Messung des Kontaktwiderstands im Produktionsprozess. Bei Molybdänkupferblechen ist ein niedriger Kontaktwiderstand entscheidend für ihre gute Leistung in elektrischen Anwendungen. Regelmäßige Kontaktwiderstandsprüfungen sind daher für die Sicherstellung von Materialqualität und -stabilität von entscheidender Bedeutung.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Kupferblech Bild

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD
Molybdenum Copper Sheets Introduction

1. Overview of Molybdenum Copper Sheets

Molybdenum-copper (Mo-Cu) sheets are composite materials composed of molybdenum and copper. Thanks to their unique combination of thermal, electrical, and mechanical properties, as well as their tunability, Mo-Cu sheets are widely used in fields such as thermal management, high-performance electronic devices, semiconductors, and aerospace. They are commonly utilized as packaging materials, integrated circuit substrates, heat sinks, and LED thermal dissipation substrates. At CTIA GROUP LTD, we can customize molybdenum-copper products with specific dimensions and compositions according to customer requirements.

2. Features of Molybdenum Copper Sheets

Excellent Electrical Conductivity: Suitable for applications requiring efficient electrical connections.

High Thermal Conductivity: Capable of rapid heat transfer, ideal for electronic devices that require effective thermal dissipation.

Low Coefficient of Thermal Expansion: Highly compatible with semiconductor materials like silicon, helping to minimize thermal stress caused by temperature fluctuations and preventing deformation or damage to components.

Good Workability: Can be processed through cutting and other techniques into parts of various sizes and shapes to meet diverse application needs.

3. Typical Properties of Molybdenum-Copper Alloys

Material Composition	Density (g/cm ³)	Thermal Conductivity (W/M·K at 25°C)	Thermal Expansion Coefficient (10 ⁻⁶ /°C)
Mo85Cu15	10.00	160-180	6.8
Mo80Cu20	9.90	170-190	7.7
Mo70Cu30	9.80	180-200	9.1
Mo60Cu40	9.66	210-250	10.3
Mo50Cu50	9.54	230-270	11.5

4. Production Method of Molybdenum Copper Sheets

The preparation of molybdenum-copper sheets is primarily carried out using the infiltration method, which takes advantage of molybdenum's high melting point and copper's excellent fluidity. In this process, copper is infiltrated into a molybdenum preform at high temperatures, resulting in the formation of a dense molybdenum-copper composite material.

5. Purchasing Information

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

Website: molybdenum-copper.com

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

Kapitel 7 Anwendungsgebiete von Molybdän-Kupferblechen

Molybdänkupferbleche werden aufgrund ihrer einzigartigen Vorteile hinsichtlich Wärmeleitfähigkeit, elektrischer Leitfähigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit in vielen Hightech-Bereichen eingesetzt. Insbesondere in der Elektronikindustrie sind Molybdänkupferbleche aufgrund ihrer hervorragenden Leistung zu einem unverzichtbaren Werkstoff für viele Hochleistungs- und Hochfrequenzgeräte geworden. Die drei Hauptanwendungen von Molybdänkupferblechen in der Elektronikindustrie sind Verpackungsmaterialien, Substrate für integrierte Schaltungen und Wärmeableitungskomponenten in Mikrowellengeräten.

7.1.1 Verpackungsmaterialien

In der Elektronikverpackungstechnik ist der Einsatz von Molybdänkupferblechen entscheidend. Elektronische Bauteile, insbesondere Hochleistungshalbleiterbauelemente und mikroelektronische Geräte, erzeugen im Betrieb viel Wärme. Wird die Wärme nicht effektiv abgeleitet, kann es zu Überhitzung, Beschädigung oder Ausfall der elektronischen Bauteile kommen. Daher sind effiziente Wärmeableitungslösungen für Elektronikverpackungen unerlässlich. Molybdänkupferbleche haben sich aufgrund ihrer einzigartigen physikalischen Eigenschaften als ideales Material für Elektronikverpackungen etabliert.

Molybdänkupferblech zeichnet sich durch seine hohe Wärmeleitfähigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit aus. Als Metall mit hohem Schmelzpunkt (ca. 3.262 °C) kann Molybdän die strukturelle Stabilität in Hochtemperaturumgebungen aufrechterhalten und Verformungen oder Materialversagen durch hohe Temperaturen verhindern. Kupfer ist ein guter elektrischer und thermischer Leiter und leitet die von elektronischen Bauteilen erzeugte Wärme effektiv vom Gehäuse nach außen ab. Durch die Kombination dieser beiden Materialien verfügt Molybdänkupferblech über eine hervorragende Wärmeableitungsleistung und gute mechanische Festigkeit und ist daher das bevorzugte Material für eine effiziente Wärmeableitung in elektronischen Gehäusen.

In Halbleitergehäusen sorgen Molybdänkupferbleche nicht nur für eine effektive Wärmeableitung, sondern halten auch Temperaturschwankungen im Langzeitbetrieb mit hoher Leistung stand. Für Hochfrequenz- und Hochleistungsgeräte ist die Stabilität von Molybdänkupferblechen besonders wichtig. Sie halten starken Temperaturschwankungen ohne thermische Ermüdung stand und gewährleisten so die langfristige Zuverlässigkeit elektronischer Geräte. Darüber hinaus ist der Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdänkupferblechen relativ gleichmäßig, was entscheidend zur Vermeidung von Spannungen durch Wärmeausdehnungsunterschiede im Gehäuse beiträgt und thermisch bedingten Gehäusefehlern wirksam vorbeugen kann.

Molybdänkupferbleche weisen zudem eine hohe Korrosionsbeständigkeit auf. Viele Hochfrequenzschaltungen und leistungselektronische Geräte müssen in rauen Umgebungen wie hohen Temperaturen, hoher Luftfeuchtigkeit und hoher Spannung arbeiten, was hohe Anforderungen an die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Leistungsfähigkeit der Verpackungsmaterialien stellt. Molybdänkupferbleche gewährleisten unter diesen extremen Bedingungen eine stabile Leistung und verlängern die Lebensdauer elektronischer Geräte.

Bei der Verpackung integrierter Schaltkreise werden zunehmend Molybdänkupferbleche als Substratmaterial eingesetzt. Sie halten der Wärmebelastung durch Hochleistungssignale stand und verhindern gleichzeitig eine Leistungsminderung integrierter Schaltkreise durch Überhitzung. Mit der kontinuierlichen Verbesserung der Integration elektronischer Geräte steigen auch die Anforderungen an die Wärmeableitung. Das Aufkommen von Molybdänkupferblechen löst dieses Problem effektiv und wird zu einem unverzichtbaren Schlüsselmaterial für die Verpackung hoher Leistungsdichte.

7.1.2 Substrate für integrierte Schaltungen

Molybdänkupferbleche sind auch im Substrat integrierter Schaltkreise (ICs) von großer Bedeutung. Integrierte Schaltkreise finden breite Anwendung in Computern, Kommunikationsgeräten, Unterhaltungselektronik und anderen Bereichen. Diese Geräte arbeiten üblicherweise mit hoher Leistung und hohen Frequenzen, daher ist die Wärmeableitung integrierter Schaltkreise besonders kritisch. Als IC-Substratmaterial erfüllt Molybdänkupferbleche die Anforderungen an die Wärmeableitung von Hochleistungs- und Hochfrequenzschaltungen und weist einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten auf, wodurch die Zuverlässigkeit und Langzeitstabilität der ICs verbessert wird. Die Hauptfunktion des Substrats integrierter Schaltkreise besteht darin, den Chip zu stützen und die notwendigen elektrischen Verbindungen bereitzustellen. Mit zunehmender Komplexität der Funktionen integrierter Schaltkreise und zunehmender Integration steigt auch ihre Wärmebelastung. Herkömmliche IC-Substratmaterialien können Wärme oft nicht effektiv ableiten, was bei hohen Temperaturen zu Leistungseinbußen oder sogar zum Ausfall integrierter Schaltkreise führt. Molybdänkupferbleche verfügen über eine extrem hohe Wärmeleitfähigkeit und können die vom Chip erzeugte Wärme effektiv ableiten, um dessen Überhitzung und Beschädigung zu verhindern.

Molybdänkupferblech bietet als Substrat für integrierte Schaltungen zahlreiche Vorteile. Erstens ist die Wärmeleitfähigkeit von Molybdänkupferblechen extrem hoch, wodurch Wärme vom Chip schnell an die Umgebung abgeleitet und Überhitzungsschäden vermieden werden. Zweitens liegt der Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdänkupferblechen relativ nahe an dem von Materialien für integrierte Schaltungen (wie Siliziumchips) . Dies reduziert die thermische Belastung durch Temperaturschwankungen und verbessert so die Zuverlässigkeit und Lebensdauer der integrierten Schaltung. Schließlich ist Molybdänkupferblech äußerst oxidations- und korrosionsbeständig und behält auch unter rauen Bedingungen seine gute Leistung, was die Lebensdauer elektronischer Geräte verlängert.

Die Materialanforderungen an integrierte Schaltungssubstrate steigen stetig. Für Hochfrequenz- und Hochleistungsgeräte haben sich Molybdänkupferplatten als ideale Wahl erwiesen. Insbesondere in Bereichen, in denen effiziente Wärmeableitung, Hochfrequenzsignalübertragung und hohe Leistungsabgabe erforderlich sind, gewinnen die Vorteile von Molybdänkupferplatten zunehmend an Bedeutung. In Hightech-Bereichen wie Radarsystemen, Satellitenkommunikation und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Glasfaserkommunikation können Molybdänkupferplatten als integrierte Schaltungssubstrate die Betriebseffizienz und Stabilität des Systems effektiv verbessern und den langfristigen Betrieb elektronischer Geräte in komplexen Umgebungen gewährleisten.

7.1.3 Wärmeableitende Komponenten in Mikrowellengeräten

Mikrowellengeräte sind wichtige Komponenten in Kommunikations-, Radar- und Fernerkundungsgeräten im Mikrowellenfrequenzbereich (üblicherweise im Bereich von 300 MHz bis 300 GHz) und finden breite Anwendung in der Satellitenkommunikation, im Funkverkehr, in der medizinischen Diagnostik und im militärischen Radar. Diese Geräte müssen üblicherweise Hochleistungssignalen und hochfrequenten Arbeitsumgebungen standhalten, daher sind die Anforderungen an das Wärmeableitungssystem sehr hoch. Molybdänkupferbleche haben sich aufgrund ihrer hervorragenden Wärmeleitfähigkeit und hohen Temperaturbeständigkeit zu wichtigen Wärmeableitungskomponenten in Mikrowellengeräten entwickelt.

Bei Mikrowellengeräten ist die Wärmeableitung von Molybdänkupferblechen besonders wichtig. Mikrowellengeräte arbeiten üblicherweise mit hohen Frequenzen und erzeugen bei der Signalübertragung viel Wärme. Kann die Wärme nicht rechtzeitig und effektiv abgeleitet werden, kommt es zu Fehlfunktionen oder Leistungseinbußen durch Überhitzung. Als Wärmeableitungskomponente kann das Molybdänkupferblech die vom Gerät erzeugte Wärme schnell aufnehmen und dank seiner hohen Wärmeleitfähigkeit an die Umgebung abgeben. Dadurch wird die Betriebstemperatur des Geräts effektiv gesenkt und dessen Stabilität und Zuverlässigkeit gewährleistet.

Molybdänkupferbleche dienen in Mikrowellengeräten nicht nur der Wärmeableitung, sondern dienen auch als strukturelles Trägermaterial. Dank ihrer hohen Festigkeit und Steifigkeit können Molybdänkupferbleche die Struktur von Mikrowellengeräten tragen und den hohen Temperaturen und mechanischen Belastungen in Mikrowellengeräten standhalten. Gleichzeitig entspricht der Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdänkupferblechen dem anderer Materialien in Mikrowellengeräten. Dadurch werden Spannungsansammlungen durch unterschiedliche Wärmeausdehnungen vermieden und die Stabilität des Geräts verbessert. Auch in Radarsystemen ist die Wärmeableitung von Molybdänkupferblechen entscheidend. Radarsysteme müssen über lange Zeit mit hoher Leistung betrieben werden, und Radarwellen erzeugen beim Senden und Empfangen viel Wärme. Als Wärmeableitungskomponente gewährleisten Molybdänkupferbleche einen langfristig stabilen Betrieb von Radargeräten unter Hochtemperaturbedingungen. In Satellitenkommunikationssystemen gewährleistet die hervorragende Wärmeableitung von Molybdänkupferblechen den zuverlässigen Betrieb von Satellitengeräten unter extremen Bedingungen und verlängert die Lebensdauer der Satelliten.

7.1.4 Strukturelle Stützkomponenten in Mikrowellengeräten

Mikrowellengeräte arbeiten üblicherweise in Hochfrequenz- und Hochleistungsumgebungen und müssen daher über eine gute Wärmeableitung, strukturelle Stabilität und Beständigkeit gegen Wärmeausdehnung verfügen. Molybdänkupferbleche spielen als strukturelle Stützkomponente in

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Mikrowellengeräten eine wichtige Rolle. Mikrowellengeräte wie Mikrowellenverstärker, Radargeräte, Kommunikationsmodule usw. erzeugen im Betrieb viel Wärme. Kann die Wärme nicht rechtzeitig abgeleitet werden, führt dies zu einer Überhitzung des Geräts, was dessen Stabilität und Lebensdauer beeinträchtigt. Die hohe Wärmeleitfähigkeit von Molybdänkupferblechen ermöglicht eine effektive Wärmeableitung in Mikrowellengeräten, wodurch Schäden an Schaltkreisen oder Komponenten durch zu hohe Temperaturen vermieden werden. Darüber hinaus ermöglicht die hohe Temperaturbeständigkeit von Molybdänkupferblechen einen stabilen Betrieb in Hochleistungsumgebungen und hält der Hitze und mechanischen Belastung stand, die beim Betrieb von Mikrowellengeräten entstehen. In Mikrowellengeräten spielen Molybdänkupferbleche nicht nur eine Rolle bei der Wärmeableitung, sondern dienen auch der Unterstützung und Befestigung der Geräte. Die hohe Steifigkeit und Festigkeit von Molybdänkupfer ermöglicht es, die Komponenten im Inneren des Mikrowellengeräts zu stützen und die strukturelle Stabilität zu gewährleisten. Da der Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdänkupferblechen dem anderer gängiger Mikrowellenmaterialien (wie Keramik, Silizium usw.) relativ nahe kommt, können Materialspannungen durch Wärmeausdehnungsunterschiede wirksam vermieden und so die Betriebssicherheit von Mikrowellengeräten verbessert werden.

Darüber hinaus bietet die Antioxidationseigenschaft von Molybdänkupferblechen auch Vorteile für den Langzeiteinsatz in Mikrowellengeräten. Mikrowellengeräte sind häufig rauen Umgebungsbedingungen wie hohen Temperaturen, hoher Luftfeuchtigkeit und elektromagnetischer Strahlung ausgesetzt. Molybdänkupferbleche gewährleisten unter diesen extremen Bedingungen eine stabile Leistung und verlängern die Lebensdauer von Mikrowellengeräten.

7.1.5 Kühlkörpermaterialien

Kühlkörper sind Schlüsselkomponenten für die Wärmeableitung in elektronischen Geräten, insbesondere in den Bereichen Hochleistungselektronik, Laser und Hochfrequenzgeräte. Design und Materialauswahl der Kühlkörper sind entscheidend für den langfristig stabilen Betrieb der Geräte. Molybdän-Kupfer-Bleche werden aufgrund ihrer hervorragenden Wärmeleitfähigkeit und Wärmeausdehnung häufig als Kühlkörpermaterialien zur Wärmeableitung eingesetzt.

In elektronischen Geräten, insbesondere Hochleistungsgeräten wie Leistungshalbleitern und Laserdioden, können Molybdänkupferbleche die von den Komponenten erzeugte Wärme effizient von innen zum externen Kühlsystem ableiten und so Bauteilausfälle oder Leistungseinbußen durch Überhitzung vermeiden. Die hohe Wärmeleitfähigkeit von Molybdänkupferblechen bietet einen erheblichen Vorteil bei miniaturisierten Anwendungen mit hoher Leistungsdichte. Sie können Wärme schnell ableiten und einen stabilen Betrieb des Geräts bei hohen Temperaturen gewährleisten.

Darüber hinaus ist der Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdänkupferblechen relativ gleichmäßig und entspricht dem vieler Materialien für elektronische Geräte. Dies reduziert die durch Wärmeausdehnungsunterschiede verursachte Spannung. Insbesondere in Anwendungsszenarien, die häufiges Heizen und Kühlen erfordern, kann Molybdänkupferblech als Kühlkörpermaterial diesen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Temperaturschwankungen effektiv standhalten und Materialverformungen oder -schäden durch thermische Spannungen vermeiden.

Molybdänkupferblech eignet sich zudem ideal als Kühlkörpermaterial. Insbesondere in extremen Umgebungen wie hoher Luftfeuchtigkeit oder korrosiven Gasen kann es lange Zeit stabil arbeiten, ohne von der äußeren Umgebung beeinflusst zu werden. Es spielt eine wichtige Rolle als Kühlkörpermaterial in High-End-Anwendungen wie Lasern, HF-Modulen, Halbleiterlasern und Satellitenkommunikationsgeräten.

7.1.6 HF-Modul

Hochfrequenzmodule (HF) finden breite Anwendung in der drahtlosen Kommunikation, Radar, Satellitenkommunikation und anderen Bereichen. Sie arbeiten in Hochfrequenz- und Hochleistungsumgebungen, daher sind die Anforderungen an die Materialien sehr hoch. Die Materialien in HF-Modulen müssen nicht nur eine ausgezeichnete elektrische Leitfähigkeit, sondern auch ein gutes Wärmemanagement aufweisen. Molybdän-Kupfer-Platten als Kernmaterial in HF-Modulen werden aufgrund ihrer einzigartigen Eigenschaften in diesem Bereich häufig eingesetzt.

Die vom HF-Modul während des Betriebs erzeugte Wärme muss schnell und effektiv abgeleitet werden, da sonst die Stabilität des Geräts und die Signalqualität beeinträchtigt werden. Die hohe Wärmeleitfähigkeit des Molybdänkupferblechs ermöglicht eine schnelle Ableitung der vom HF-Modul erzeugten Wärme an das externe Wärmeableitungssystem. Dadurch wird die Gerätetemperatur in einem sicheren Bereich gehalten und Leistungseinbußen oder Ausfälle durch Überhitzung vermieden. Im Vergleich zu herkömmlichen Kupfer- oder Aluminiummaterialien ist die Wärmeleitfähigkeit des Molybdänkupferblechs deutlich verbessert und es kann eine höhere Leistungsdichte auf kleinem Raum übertragen und ist an die Anforderungen von HF-Modulen mit hoher Leistung angepasst. Die elektrische Verbindung und Signalleitung im HF-Modul stellen hohe Anforderungen an die Leitfähigkeit des Materials. Das Molybdänkupferblech vereint die hohe Temperaturstabilität von Molybdän mit der ausgezeichneten Leitfähigkeit von Kupfer und ermöglicht eine effiziente elektrische Verbindung im HF-Modul, wodurch eine stabile Übertragung und präzise Steuerung des Signals sichergestellt werden. Da das Molybdänkupferblech bei der Hochfrequenzsignalübertragung geringe Verluste aufweist, kann es die Signaldämpfung verringern und den effizienten Betrieb des HF-Moduls sicherstellen. Die hohe Temperaturbeständigkeit von Molybdänkupferblechen ermöglicht zudem einen stabilen Betrieb in Umgebungen mit hoher Leistung und hohen Temperaturen. HF-Module müssen in der Regel über einen langen Zeitraum stabil arbeiten. Molybdänkupferbleche bieten auch in diesen extremen Umgebungen eine hervorragende Leistung und versagen auch bei langfristiger Hochtemperaturbelastung nicht. Dies macht Molybdänkupferbleche zu einem unverzichtbaren Schlüsselmaterial für hochwertige HF-Module.

7.1.7 LED-Wärmeableitungssubstrat

Mit der kontinuierlichen Weiterentwicklung der LED-Technologie finden LED-Lichtquellen breite Anwendung in Beleuchtung, Displays, Signalverarbeitung und anderen Bereichen. Obwohl LED-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Lichtquellen Vorteile wie hohe Energieeffizienz und lange Lebensdauer bieten, erzeugen sie bei hoher Leistung auch viel Wärme. Kann die Wärme nicht rechtzeitig und effektiv abgeführt werden, verschlechtert sich die Leistung der LED und ihre Lebensdauer verkürzt sich. Daher ist die Wärmeableitung zu einer wichtigen Herausforderung bei der Anwendung von LED-Lichtquellen geworden.

Molybdänkupferbleche sind aufgrund ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit, guten mechanischen Festigkeit und hohen Temperaturbeständigkeit die ideale Lösung für dieses Problem. Molybdänkupferbleche vereinen den hohen Schmelzpunkt von Molybdän (ca. 3.262 °C) mit der hervorragenden Wärmeleitfähigkeit von Kupfer. Im Betrieb der LED-Lichtquelle kann die vom Lichtquellenchip erzeugte Wärme schnell und effektiv an den Kühlkörper oder die Umgebung abgeleitet werden, wodurch die negativen Auswirkungen eines Wärmestaus effektiv vermieden werden.

Im Vergleich zu herkömmlichen Aluminiumsubstraten oder anderen Wärmeableitungsmaterialien weisen Molybdänkupferbleche eine höhere Wärmeleitfähigkeit auf und halten einer höheren Leistungsdichte stand. Dadurch können sie in den Wärmeableitungssystemen von Hochleistungs-LED-Lichtquellen wie Hochleistungs-LED-Lampen, Hochleistungsdisplays und Laserdioden niedrigere Temperaturen aufrechterhalten und so die Arbeitseffizienz und Lebensdauer der LED-Lichtquellen verbessern. Darüber hinaus ist der Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdänkupferblechen relativ gleichmäßig und entspricht dem von LED-Chips und anderen Verpackungsmaterialien. Dies reduziert die durch Wärmeausdehnungsunterschiede verursachte Spannung und verbessert so die Stabilität und Langzeitzuverlässigkeit von LED-Lichtquellen. Bei der Verpackung von LED-Modulen und integrierten Schaltkreisen dienen Molybdänkupferbleche nicht nur als Wärmeableitungssubstrat, sondern gewährleisten auch eine langfristige und effiziente Wärmeableitung und verhindern so eine Leistungsminderung der LED-Lichtquelle durch Überhitzung.

7.2 Anwendung von Molybdän-Kupferblechen in der Luft- und Raumfahrt

Die Luft- und Raumfahrt stellt extrem hohe Anforderungen an die Werkstoffe, insbesondere in Umgebungen mit hohen Temperaturen, hohem Druck, starker Strahlung und anderen Belastungen. Die Werkstoffe müssen eine ausgezeichnete Temperaturbeständigkeit, Festigkeit, Wärmeleitfähigkeit und Strahlungsbeständigkeit aufweisen. Molybdän-Kupfer-Bleche werden aufgrund ihrer hervorragenden Eigenschaften häufig in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt, insbesondere in Flugzeugmetallkomponenten, Wärmeschutzmaterialien für Raumfahrzeuge sowie in Raketen- und Raumfahrzeugkomponenten, und spielen damit eine unersetzliche Rolle.

7.2.1 Metallische Flugzeugkomponenten

Molybdänkupferbleche spielen als Metallkomponenten in der Luft- und Raumfahrt, insbesondere in Strukturteilen von Flugzeugen, eine wichtige Rolle. Während des Fluges sind Flugzeuge hohen Geschwindigkeiten, starkem Luftdruck und komplexen Temperaturschwankungen ausgesetzt. Daher müssen die Metallkomponenten des Flugzeugs nicht nur eine hohe Festigkeit, sondern auch eine gute

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Beständigkeit gegen Wärmeausdehnung und Wärmeableitung aufweisen. Molybdänkupferbleche werden unter anderem für Komponenten in Flugzeugstrukturen verwendet, beispielsweise für Triebwerkskomponenten, aerodynamische Formteile und andere Bereiche, die hohen Temperaturen und Belastungen standhalten müssen. Der hohe Schmelzpunkt von Molybdän und die gute Wärmeleitfähigkeit von Kupfer ermöglichen Molybdänkupferblechen eine ausgezeichnete strukturelle Stabilität in Hochtemperaturumgebungen und verhindern die Auswirkungen der Wärmeausdehnung. Gleichzeitig können Molybdänkupferbleche die vom Triebwerk und anderen Komponenten erzeugte Wärme effektiv ableiten, lokale Überhitzung verhindern und den stabilen Betrieb des Flugzeugs unter extremen Bedingungen gewährleisten. Die Korrosionsbeständigkeit von Molybdän-Kupferblechen in Flugzeugmetallkomponenten spiegelt sich auch in ihrer Korrosionsbeständigkeit wider. Flugzeuge sind verschiedenen klimatischen Bedingungen ausgesetzt, insbesondere in Umgebungen mit hoher Luftfeuchtigkeit und Salzgehalt. Die Korrosionsbeständigkeit von Molybdän-Kupferblechen ermöglicht ihnen einen langen, störungsfreien Betrieb in diesen Umgebungen.

7.2.2 Wärmeschutzmaterialien für Raumfahrzeuge

Raumfahrzeuge sind während des Starts, des Fluges und des Wiedereintritts in die Atmosphäre extremen Temperaturschwankungen ausgesetzt. Besonders beim Eintritt in die Atmosphäre sind Raumfahrzeuge sehr hohen Temperaturen ausgesetzt, die sogar mehrere Tausend Grad Celsius erreichen können. Daher benötigen Raumfahrzeuge ein leistungsstarkes Wärmeschutzsystem, um den sicheren Betrieb des Raumfahrzeugs und seiner internen Ausrüstung zu gewährleisten. Die Anwendung von Molybdänkupferblechen im Wärmeschutzsystem von Raumfahrzeugen zeigt sich hauptsächlich in ihrer Verwendung als Hitzeschildmaterial. Der hohe Schmelzpunkt von Molybdän ermöglicht seine Stabilität in Umgebungen mit hohen Temperaturen, während die Wärmeleitfähigkeit von Kupfer eine schnelle Wärmeübertragung von der Oberfläche des Raumfahrzeugs auf andere Teile ermöglicht und so lokale Überhitzung wirksam verhindert. Dadurch können Molybdänkupferbleche Schäden durch hohe Temperaturen im Wärmeschutzsystem von Raumfahrzeugen wirksam verhindern. Beim Wiedereintritt von Raumfahrzeugen werden Molybdänkupferbleche häufig in Wärmedämmschichten, Hitzeschilden und Wärmeableitungssystemen eingesetzt. Die hohe Wärmeleitfähigkeit von Molybdän-Kupfer-Blechen gewährleistet eine schnelle Wärmeübertragung auf andere Wärmeableitungskomponenten. Gleichzeitig verringert die hohe Wärmeausdehnungsbeständigkeit wirksam die durch übermäßige Temperaturunterschiede verursachte Wärmespannung und gewährleistet so, dass das Raumfahrzeug beim Wiedereintritt bei hohen Temperaturen seine strukturelle Integrität behält.

Darüber hinaus ist die Korrosionsbeständigkeit von Molybdänkupferblechen auch sehr gut für den Einsatz in Weltraumumgebungen geeignet, insbesondere unter Bedingungen hoher Strahlung und extremer Temperaturen können Molybdänkupferbleche über lange Zeit stabil arbeiten.

7.2.3 Raketen- und Raumfahrzeugkomponenten

Molybdänkupferbleche werden auch in verschiedenen Komponenten von Raketen und Raumfahrzeugen verwendet. In Raketensystemen werden Molybdänkupferbleche häufig im Wärmeableitungssystem von

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Raketentriebwerken und anderen Hochtemperaturkomponenten eingesetzt. Raketentriebwerke erzeugen bei Hochgeschwindigkeitsflügen viel Wärme. Kann diese Wärme nicht rechtzeitig abgeführt werden, kann dies zu Leistungseinbußen oder sogar zum Ausfall des Triebwerks führen. Molybdänkupferbleche können die Wärme dieser Komponenten schnell und effektiv ableiten und so den effizienten Betrieb der Rakete gewährleisten. Molybdänkupferbleche werden auch häufig in elektrischen Systemen von Raumfahrzeugen verwendet. In der elektronischen Ausrüstung von Raumfahrzeugen dienen Molybdänkupferbleche als leitfähige und wärmeableitende Komponenten. Sie tragen zur effektiven Stromleitung bei, halten die Temperatur der Geräte stabil und vermeiden so Geräteausfälle durch Überhitzung. Darüber hinaus werden Molybdänkupferbleche aufgrund ihrer Stabilität und hohen Festigkeit auch in Strukturkomponenten von Raumfahrzeugen eingesetzt. Insbesondere in Schlüsselkomponenten, die großen mechanischen Belastungen und hohen Temperaturschwankungen ausgesetzt sind, sorgen Molybdänkupferbleche für zusätzliche Festigkeit und Haltbarkeit.

7.2.4 Radarsystem-Strahler

Radarsysteme, insbesondere im Militär- und Luftfahrtbereich, müssen unter hohen Leistungs- und Frequenzbedingungen über lange Zeit stabil arbeiten. In diesem Umfeld ist die Wärmeableitung von Radarsystemen ein wichtiges Designkriterium. Der Einsatz von Molybdän-Kupfer-Blechen in Radarsystem-Kühlern nutzt deren hohe Wärmeleitfähigkeit und Temperaturstabilität voll aus und macht sie zu einer unverzichtbaren Kernkomponente leistungsstarker Radarsysteme. Die Send- und Empfangseinheiten im Radarsystem erzeugen viel Wärme. Eine effiziente Wärmeableitung ist daher entscheidend für den zuverlässigen Betrieb des Radarsystems. Molybdän-Kupfer-Bleche werden aufgrund ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit (besser als die der meisten herkömmlichen Metalle) häufig zur Wärmeableitung von Radarsystemen eingesetzt. Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffe leiten Wärme von wärmeerzeugenden Komponenten (wie Sendern, Empfängern usw.) schnell an das externe Wärmeableitungssystem ab und verhindern so, dass Überhitzung zu Leistungseinbußen oder Ausfällen des Radarsystems führt. Molybdänkupferbleche gewährleisten eine gute thermische Stabilität in Hochtemperaturumgebungen sowie die Erhaltung der strukturellen Integrität und Stabilität bei extremen Temperaturschwankungen und starken Thermoschocks. Der Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdänkupferblechen ähnelt dem anderer Materialien in Radarsystemen (wie Keramik, Siliziumchips usw.). Dies reduziert effektiv die durch Wärmeausdehnungsunterschiede verursachte Spannung und verhindert mechanische Verformungen oder strukturelle Ausfälle durch Temperaturunterschiede. In militärischen Radarsystemen kann der Einsatz von Molybdänkupferblechen als Wärmeableitungselement, insbesondere bei Hochleistungs- und Hochfrequenzradaren, einen langfristig effizienten und stabilen Betrieb der Radarausrüstung gewährleisten und Schäden oder Leistungseinbußen durch Überhitzung vermeiden. Daher spielen Molybdänkupferbleche eine wichtige Rolle in der modernen Radartechnologie.

7.2.5 Militärische Elektronikverpackungen

Die Anforderungen an die Materialien militärischer Elektronikverpackungen sind sehr hoch, insbesondere für Geräte, die in rauen Umgebungen eingesetzt werden, wie Raketen, Satelliten und

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Drohnen. Militärische Elektronikverpackungen müssen vielfältige Anforderungen erfüllen, wie z. B. hohe Temperaturbeständigkeit, Schlagfestigkeit, Strahlungsresistenz sowie Wasser- und Staubdichtigkeit. Als neuartiges Verpackungsmaterial wird Molybdänkupferblech aufgrund seiner hervorragenden physikalischen Eigenschaften häufig in militärischen Elektronikverpackungen verwendet. Einer der Hauptvorteile von Molybdänkupferblechen in militärischen Elektronikverpackungen ist die hohe Wärmeleitfähigkeit. Elektronische Komponenten erzeugen während des Betriebs viel Wärme, insbesondere in Arbeitsumgebungen mit hoher Leistung und hohen Frequenzen, in denen das Wärmemanagement besonders wichtig ist. Molybdänkupferbleche können die Wärme von elektronischen Komponenten effektiv an das externe Wärmeableitungssystem ableiten und so Geräteausfälle durch Überhitzung vermeiden. Dies ist entscheidend für die Zuverlässigkeit militärischer Ausrüstung, insbesondere in extremen Umgebungen wie hohen Temperaturen, hohem Druck und Strahlung. Molybdänkupferbleche können die Langzeitstabilität elektronischer Verpackungen gewährleisten.

Molybdänkupferbleche eignen sich auch ideal für militärische Elektronikverpackungen. Militärische Ausrüstung muss oft unter rauen Bedingungen wie starken Temperaturschwankungen, Stößen und Vibrationen funktionieren. Molybdänkupferbleche halten diesen Bedingungen ohne Leistungseinbußen oder Beschädigung stand. Ihre hohe Festigkeit und Steifigkeit sorgen dafür, dass das Verpackungsmaterial äußeren Belastungen standhält. Gleichzeitig entspricht sein Wärmeausdehnungskoeffizient dem vieler anderer militärischer Materialien (wie Keramik und Metallen), wodurch die Auswirkungen thermischer Belastungen auf die Verpackungsstruktur reduziert werden.

In militärischen Elektronikverpackungen dienen Molybdänkupferplatten nicht nur der Wärmeableitung, sondern sorgen auch für eine bessere elektrische Leistung. Aufgrund ihrer hervorragenden Leitfähigkeit eignen sich Molybdänkupferplatten als Trägermaterial für elektronische Bauteile und gewährleisten so stabile elektrische Verbindungen und Signalübertragung. Der Einsatz von Molybdänkupferplatten in militärischen Verpackungen verbessert die Leistung, Zuverlässigkeit und Haltbarkeit von Geräten und gewährleistet deren stabilen Betrieb auch unter extremen Bedingungen.

7.3 Anwendung von Molybdän-Kupferblech im Energie- und Wärmemanagement

Molybdänkupferbleche haben im Energiebereich, insbesondere in der Leistungselektronik und in Wärmemanagementsystemen, ihre einzigartigen Vorteile unter Beweis gestellt. Mit dem weltweiten Fokus auf Energieeffizienz und nachhaltiger Entwicklung werden Molybdänkupferbleche zunehmend im Energiebereich, insbesondere in der Leistungselektronik und in Wärmemanagementsystemen, eingesetzt und sind zu einem wichtigen Material zur Lösung des Wärmeableitungsproblems von Hochleistungselektronikgeräten geworden.

7.3.1 Leistungselektronische Bauelemente

Leistungselektronische Geräte spielen in modernen Energiesystemen eine entscheidende Rolle. Ob in der Stromumwandlung, in Batteriemanagementsystemen oder in Elektrofahrzeugen und erneuerbaren

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Energiesystemen – leistungselektronische Geräte werden häufig zur Energieregulierung, -steuerung und -umwandlung eingesetzt. Diese elektronischen Hochleistungsgeräte erzeugen jedoch während des Betriebs viel Wärme. Wenn die Wärme nicht effektiv abgeführt werden kann, führt dies zu Überhitzung, Leistungseinbußen oder sogar zum Ausfall des Geräts. Daher sind hervorragende Wärmemanagementmaterialien für den zuverlässigen Betrieb leistungselektronischer Geräte unerlässlich. Molybdänkupferbleche spielen als Wärmemanagementmaterial in leistungselektronischen Geräten eine unersetzliche Rolle. Molybdänkupferbleche haben eine extrem hohe Wärmeleitfähigkeit und können die von leistungselektronischen Geräten erzeugte Wärme schnell aus dem Geräteinneren ableiten. Dadurch bleibt die Gerätetemperatur stabil und dessen Arbeitseffizienz und Lebensdauer werden verbessert. Die hohe Wärmeleitfähigkeit und Temperaturstabilität von Molybdänkupferblechen machen es zu einem idealen Wärmeableitungsmaterial in leistungselektronischen Geräten, insbesondere für Geräte mit hoher Leistung und langer Laufzeit. Darüber hinaus ermöglichen die hohe Festigkeit und Wärmeausdehnungsbeständigkeit von Molybdänkupferblechen, hohen Temperaturschwankungen und mechanischer Belastung in leistungselektronischen Geräten standzuhalten. In Elektrofahrzeugen und Stromumwandlungsgeräten können Molybdänkupferbleche elektronische Komponenten effektiv stützen und schützen und gleichzeitig eine gute Wärmeableitung gewährleisten, um Bauteilschäden durch übermäßige Temperaturen zu vermeiden.

Molybdänkupferbleche in Leistungselektronikgeräten verbessern nicht nur das Wärmemanagement der Geräte, sondern steigern auch die Gesamteffizienz und reduzieren Energieverluste. Mit der Entwicklung von Elektrofahrzeugen, Solarstromerzeugung und Energiespeichersystemen wird die Bedeutung von Molybdänkupferblechen als Wärmemanagementmaterial weiter zunehmen und sich zu einem wichtigen technischen Material für die Verbesserung der Energieeffizienz und nachhaltige Entwicklung entwickeln.

7.3.2 Kernkraftanlagen

Kernkraftwerke, insbesondere Kernreaktoren und die dazugehörigen Komponenten, erfordern Materialien mit extrem hoher thermischer Stabilität, Festigkeit und Strahlungsresistenz. Kernreaktoren erzeugen im Betrieb enorme Wärmemengen und sind zudem starker Strahlung ausgesetzt. Daher ist die Wärmeableitung in Kernkraftwerken von entscheidender Bedeutung. Molybdän-Kupfer-Bleche sind als Wärmemanagementmaterialien in Kernkraftwerken aufgrund ihrer hervorragenden Wärmeleitfähigkeit und Hochtemperaturstabilität die ideale Wahl für die Lösung von Wärmemanagementproblemen bei hohen Temperaturen und hoher Leistung.

In Kernkraftwerken werden Molybdänkupferbleche hauptsächlich als Teil von Wärmetauschern, Kühlsystemen und Kühlern eingesetzt. Im Kernreaktor entsteht große Wärmemenge. Molybdänkupferbleche können diese Wärme schnell leiten und effektiv abführen und so den normalen Betrieb der Anlage bei hohen Temperaturen gewährleisten. Der hohe Schmelzpunkt von Molybdän ermöglicht es den Molybdänkupferblechen, extrem hohen Temperaturen standzuhalten, während die gute Wärmeleitfähigkeit von Kupfer eine schnelle Wärmeableitung vom Reaktorkern zum Kühlsystem gewährleistet. Darüber hinaus ermöglichen die hohe mechanische Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit von Molybdänkupferblechen einen stabilen und langfristigen Einsatz in

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kernkraftwerken. Wichtige Komponenten von Kernkraftwerken, wie beispielsweise Steuerstäbe, Kühlturme und Wärmetauscher, sind dauerhaft hohen Temperaturen und hoher Strahlung ausgesetzt. Die Stabilität und Korrosionsbeständigkeit von Molybdän-Kupferblechen ermöglichen es ihnen, Strahlenschäden zu widerstehen und die langfristige Zuverlässigkeit und Stabilität der Anlage zu gewährleisten.

Mit der Weiterentwicklung der Kernenergietechnologie wird der Einsatz von Molybdän-Kupfer-Blechen in neuen Kernreaktoren wie gasgekühlten Hochtemperaturreaktoren und schnellen Neutronenreaktoren künftig weiter zunehmen. Molybdän-Kupfer-Bleche bieten effizientere und zuverlässigere Wärmemanagementlösungen für Kernenergieanlagen und gewährleisten so die Nachhaltigkeit und Sicherheit der Kernenergietechnologie in zukünftigen Energiesystemen.

7.3.3 Erneuerbare Energiesysteme

Mit der weltweit steigenden Nachfrage nach umweltfreundlicher und nachhaltiger Energie sind erneuerbare Energien (wie Solarenergie, Windenergie, Wasserkraft usw.) zu einer wichtigen Energieform geworden. In erneuerbaren Energiesystemen, insbesondere in Solar- und Windkraftanlagen, ist ein effizientes Wärmemanagement unerlässlich, um die Systemeffizienz zu verbessern, die Lebensdauer zu verlängern und die Anlagenstabilität zu gewährleisten. Molybdän-Kupfer-Bleche sind als Wärmemanagementmaterial in erneuerbaren Energiesystemen aufgrund ihrer hervorragenden Wärmeleitfähigkeit und hohen Temperaturbeständigkeit zu Schlüsselmaterialien für die Verbesserung der Energieumwandlungseffizienz und Anlagenstabilität geworden. In Solarenergiesystemen werden Molybdän-Kupfer-Bleche hauptsächlich in Wärmetauschern und Wärmeableitungskomponenten von solarthermischen Stromerzeugungssystemen eingesetzt. Solarkollektoren erzeugen im Betrieb viel Wärme. Wenn die Wärme nicht effektiv abgeleitet werden kann, kann die Systemeffizienz sinken oder der Solarkollektor kann sogar beschädigt werden. Molybdän-Kupfer-Bleche können die Wärme im Kollektor schnell an das externe Kühlsystem übertragen und so den effizienten Betrieb der thermischen Stromerzeugungsanlage gewährleisten. In Windkraftanlagen können Molybdän-Kupfer-Bleche als Wärmeableitungsmaterial für Lüftermotoren und andere elektronische Hochleistungsgeräte, die beim Motorbetrieb entstehende Wärme effektiv vom Lüfterinneren nach außen ableiten und so Überhitzung und Geräteausfälle vermeiden. Elektronische Komponenten und Stromrichter in Windkraftanlagen erzeugen bei hohen Drehzahlen üblicherweise viel Wärme. Molybdän-Kupfer-Bleche mit ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit können die Wärmeableitung des Systems effektiv verbessern und die Stabilität der Windkraftanlage bei hoher Leistung gewährleisten.

Molybdän-Kupferbleche werden nicht nur in Wärmetauschern und Wärmeableitungskomponenten eingesetzt, sondern spielen auch im Batteriemanagementsystem erneuerbarer Energiesysteme eine wichtige Rolle. In Solar- und Windenergieanlagen sind Energiespeichersysteme (wie Batteriepacks) unverzichtbare Komponenten. Molybdän-Kupferbleche als Wärmemanagementmaterial können die von der Batterie beim Laden und Entladen erzeugte Wärme effektiv reduzieren und so eine Überhitzung und damit verbundene Leistungseinbußen oder Schäden verhindern. Mit der kontinuierlichen Weiterentwicklung der erneuerbaren Energietechnologien wird der Einsatz von Molybdän-Kupferblechen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

in diesen Systemen immer weiter zunehmen und wichtige Wärmemanagementlösungen für die effiziente Nutzung und den stabilen Betrieb erneuerbarer Energien bieten.

7.3.4 Wärmemanagement der Batterie von Elektrofahrzeugen

Elektrofahrzeuge (EVs) haben sich zu einer wichtigen alternativen Energiequelle in modernen Verkehrssystemen entwickelt. Eine der Kernkomponenten von Elektrofahrzeugen ist das Batteriesystem, insbesondere das Leistungsbatteriesystem. Batterien erzeugen beim Laden und Entladen viel Wärme. Wird diese Wärme nicht effektiv abgeführt, steigt die Batterietemperatur zu stark an, was Leistung, Lebensdauer und sogar Sicherheit der Batterie beeinträchtigt. Daher ist das Wärmemanagementsystem der Batterie zu einem wichtigen und unverzichtbaren Bestandteil der Elektrofahrzeugkonstruktion geworden.

Als Schlüsselmaterial im Wärmemanagementsystem von Elektrofahrzeugbatterien sind Molybdänkupferbleche aufgrund ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit und Temperaturbeständigkeit die ideale Wahl für das Wärmemanagement von Batterien. In Elektrofahrzeugen können Molybdänkupferbleche im Wärmeableitungssystem von Batteriepacks eingesetzt werden, insbesondere beim Laden und Entladen mit hoher Leistung. Molybdänkupferbleche können die von der Batterie erzeugte Wärme schnell von der Batteriezelle zum Kühler oder externen Kühlsystem ableiten und so zu hohe Batterietemperaturen und damit Leistungseinbußen oder Sicherheitsprobleme verhindern. Die ausgezeichnete Wärmeleitfähigkeit von Molybdänkupferblechen stellt sicher, dass das Batteriesystem im optimalen Betriebstemperaturbereich gehalten wird, die Ladeeffizienz und Entladeleistung der Batterie verbessert und die Lebensdauer der Batterie verlängert wird. Das Batteriesystem von Elektrofahrzeugen wird in Umgebungen mit hohen und niedrigen Temperaturen vor verschiedene Herausforderungen gestellt. Molybdänkupferbleche können sich diesen extremen Bedingungen anpassen und ein stabiles Wärmemanagement gewährleisten. Durch die Verbesserung der Wärmeableitung des Batteriesystems optimiert Molybdänkupferblech nicht nur die Arbeitseffizienz der Batterie, sondern verbessert auch die Gesamtleistung und Sicherheit von Elektrofahrzeugen. Molybdänkupferbleche können auch im strukturellen Design von Batteriemodulen und Batteriepacks von Elektrofahrzeugen eingesetzt werden. Die hohe Festigkeit und gute Wärmeausdehnungsbeständigkeit von Molybdänkupferblechen ermöglichen eine stabile strukturelle Unterstützung des Batteriemoduls und verhindern so mechanische Verformungen durch Temperaturschwankungen. Die hervorragende Leistung von Molybdänkupferblechen gewährleistet einen stabilen Langzeitbetrieb des Batteriesystems unter hohen Temperaturen und hoher Leistung und erfüllt die strengen Anforderungen von Elektrofahrzeugen hinsichtlich Reichweite, Ladegeschwindigkeit und Sicherheit.

7.4 Molybdän-Kupferblech in anderen aufstrebenden Anwendungsbereichen

Molybdänkupferbleche haben in aufstrebenden Bereichen ihre einzigartigen Vorteile unter hochpräzisen und komplexen Arbeitsbedingungen unter Beweis gestellt, insbesondere in jenen technischen Bereichen, in denen extrem hohe Anforderungen an die Materialeistung gestellt werden.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.4.1 Medizinische Geräte

Molybdänkupferbleche werden in medizinischen Geräten vor allem in den Bereichen medizinische Bildgebung, Strahlentherapie und In-vitro-Diagnostik eingesetzt. Mit dem Fortschritt der Medizintechnik, insbesondere in der Radiologie, Nuklearmedizin und hochpräzisen Diagnosegeräten, haben sich Molybdänkupferbleche aufgrund ihrer hervorragenden Wärmeleitfähigkeit, Festigkeit und Biokompatibilität zu einem der wichtigsten Werkstoffe für medizinische Geräte entwickelt. In medizinischen Bildgebungsgeräten, insbesondere CT- (Computertomographie) und MRT-Geräten (Magnetresonanztomographie), werden Molybdänkupferbleche üblicherweise als Wärmeableitungsmaterial im Wärmemanagementsystem elektronischer Komponenten und Hochleistungsgeräte eingesetzt. CT-Scanner und MRT-Geräte erzeugen im Betrieb hohe Wärme, insbesondere in Hochleistungs-Hochfrequenzsystemen und elektronischen Komponenten. Kann die Wärme nicht effektiv abgeleitet werden, kann es zur Überhitzung der Geräte und damit zu einer Beeinträchtigung der Bildqualität kommen. Die hohe Wärmeleitfähigkeit von Molybdänkupferblechen ermöglicht eine schnelle Wärmeableitung dieser Komponenten an das Wärmeableitungssystem und gewährleistet so einen langfristig stabilen Betrieb der Geräte. Darüber hinaus werden Molybdänkupferbleche auch im Wärmemanagement von Strahlentherapiegeräten eingesetzt. Während der Strahlentherapie erzeugt die Strahlungsquelle des Geräts üblicherweise hohe Wärme. Die Aufgabe von Molybdänkupferblechen in diesen Geräten besteht darin, die Wärme effektiv vom Bereich der Strahlungsquelle abzuleiten, um Geräteausfälle oder eine verminderte Behandlungsgenauigkeit durch Wärmestau zu vermeiden. Die hohe Festigkeit, Temperaturbeständigkeit und Stabilität von Molybdänkupferblechen machen sie zu einem äußerst zuverlässigen Werkstoff für hochpräzise medizinische Geräte. Auch der Einsatz von Molybdänkupferblechen in In-vitro-Diagnostikgeräten ist von großer Bedeutung. In diesen Geräten sorgen Molybdänkupferbleche nicht nur für ein effektives Wärmemanagement, sondern dienen auch als Bauteilträgermaterial, um die Stabilität und Präzision der Geräte im Langzeiteinsatz zu gewährleisten.

7.4.2 7G-Kommunikationsbasisstation

Mit der zunehmenden Verbreitung der 5G-Technologie läuft die Forschung und Entwicklung der 7G-Kommunikationstechnologie auf Hochtouren. Die 7G-Kommunikation wird ultraschnelle Übertragungen, großflächige Verbindungen und Netzwerkanwendungen mit geringer Latenz weiter fördern. Als Kerninfrastruktur zukünftiger Kommunikationsnetze stellen 7G-Basisstationen höhere Anforderungen an Wärmemanagement, Entstörungsfähigkeit und Gerätestabilität. Molybdänkupferbleche werden als effizientes Wärmemanagementmaterial zunehmend zu einem wichtigen Bestandteil von 7G-Kommunikationsbasisstationen.

In 7G-Kommunikationsbasisstationen dienen Molybdänkupferbleche vor allem als Wärmeableitungsmaterial, um die enorme Wärmeentwicklung in den Basisstationen zu bewältigen. Die 7G-Kommunikationstechnologie ermöglicht Datenübertragungen mit höherer Frequenz und Kapazität. Der Strombedarf und die Wärmebelastung der Basisstationen werden jedoch höher sein als im 5G-Zeitalter. Die hohe Wärmeleitfähigkeit von Molybdänkupferblechen ermöglicht eine schnelle Ableitung

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

der von den elektronischen Komponenten in der Basisstation erzeugten Wärme und verhindert so, dass Überhitzung zu Ausfällen oder Leistungseinbußen der Basisstationsausrüstung führt. Neben der Wärmeableitung ist die Widerstandsfähigkeit gegen elektromagnetische Störungen ein weiterer Anwendungsvorteil von Molybdänkupferblechen in 7G-Kommunikationsbasisstationen. 7G-Kommunikationsbasisstationen werden mit einem komplexeren elektromagnetischen Umfeld konfrontiert sein. Als strukturelles Trägermaterial können Molybdänkupferbleche elektromagnetische Störungen effektiv isolieren und den stabilen Betrieb elektronischer Komponenten in der Basisstation gewährleisten. Der Einsatz von Molybdänkupferblechen in Basisstationen verbessert die Zuverlässigkeit und Kommunikationsqualität der Geräte und erfüllt die strengen Anforderungen zukünftiger Ultrahochgeschwindigkeits-Netzwerkübertragungen.

7.4.3 Laser und optisches System

Laser und optische Systeme finden breite Anwendung in der wissenschaftlichen Forschung, der medizinischen Behandlung, der industriellen Verarbeitung, dem Laserdruck und anderen Bereichen. Mit der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Lasertechnologie steigt die Leistung von Lasern und optischen Systemen stetig an, und auch die Anforderungen an Wärmeableitung und Temperaturregelung steigen stetig. Molybdänkupferbleche spielen in Lasern und optischen Systemen als effiziente Wärmeableitungsmaterialien eine wichtige Rolle. Laser, insbesondere Hochleistungslaser, erzeugen während des Betriebs viel Wärme. Wird diese Wärme nicht effektiv abgeleitet, verringert sich die Effizienz des Lasers erheblich und es kommt sogar zu Schäden am Gerät. Die hohe Wärmeleitfähigkeit von Molybdän-Kupfer-Blechen macht sie zu einem idealen Material für das Wärmeableitungssystem im Laser. Sie können die vom Laser erzeugte Wärme schnell vom Inneren des Lasers zum externen Wärmeableitungssystem ableiten, die Betriebstemperatur des Lasers stabil halten und die Leistung und Betriebseffizienz des Geräts verbessern.

Molybdänkupferbleche werden auch häufig in optischen Systemen eingesetzt, insbesondere in Laserscansystemen, optischen Kommunikationssystemen und Präzisionsmessgeräten. Lasersender und -empfänger in optischen Systemen müssen üblicherweise in Umgebungen mit extrem hoher Temperaturkontrolle betrieben werden. Molybdänkupferbleche sorgen nicht nur für eine stabile Wärmeableitung, sondern verhindern auch effektiv Verformungen optischer Komponenten durch Wärmeausdehnungsunterschiede und gewährleisten so die Stabilität und Genauigkeit des optischen Systems. Der Einsatz von Molybdänkupferblechen in Lasern und optischen Systemen verbessert nicht nur die Wärmeableitung des Systems, sondern auch die Strahlqualität und -stabilität des Lasers und gewährleistet so dessen effizienten Betrieb in verschiedenen Anwendungsszenarien.

7.4.4 Additive Fertigung und kundenspezifische Bauteile

Die additive Fertigung (3D-Druck) ist eine der Fertigungstechnologien, die sich in den letzten Jahren rasant entwickelt hat. Insbesondere in der Luft- und Raumfahrt, der Medizintechnik und der Automobilindustrie hat sich die additive Fertigung zunehmend als Fertigungslösung für kundenspezifische, hochpräzise Komponenten etabliert. Molybdän-Kupfer-Bleche werden als Werkstoff

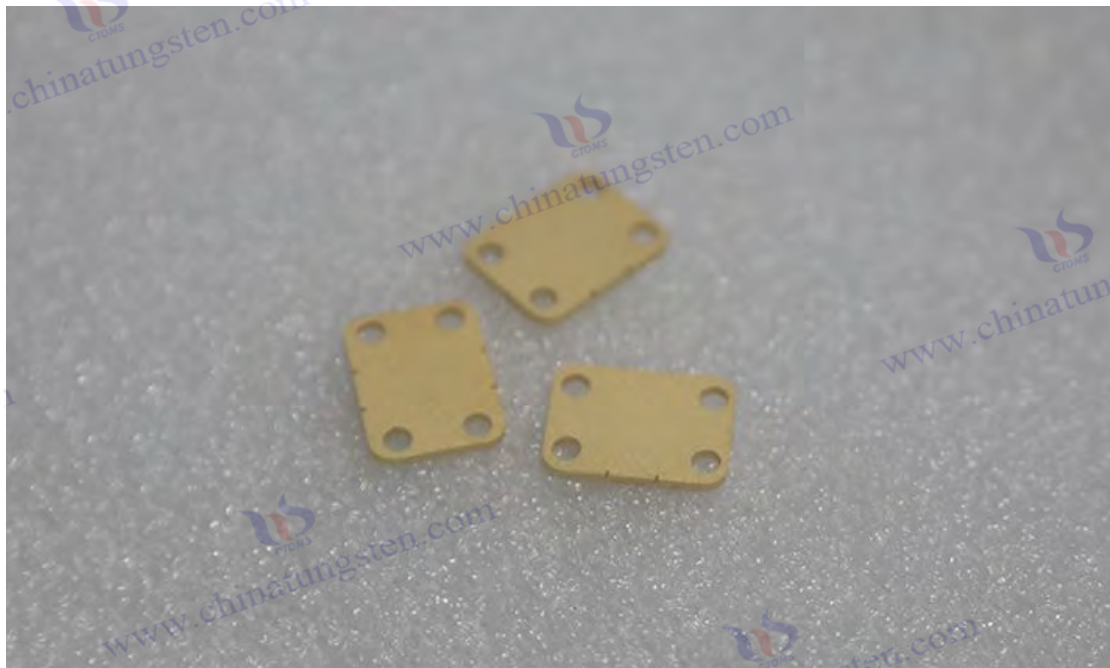
COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

in der additiven Fertigung häufig zur Herstellung von kundenspezifischen Hochtemperatur-, Hochleistungs- und hochpräzisen Komponenten eingesetzt.

Additive Fertigungsverfahren ermöglichen die Herstellung komplex geformter Teile durch schichtweises Aufeinanderschichten von Materialien. Dies ist besonders effektiv für die Herstellung komplexer Geometrien, die mit herkömmlichen Fertigungsverfahren nicht erreicht werden können. Die hervorragenden Eigenschaften von Molybdän-Kupfer-Bleichen machen sie zu einem idealen Material für die additive Fertigung, insbesondere für Anwendungen, die eine hohe Wärmeleitfähigkeit, hohe Festigkeit und gute Temperaturbeständigkeit erfordern, wie z. B. Komponenten für die Luft- und Raumfahrt, Automotoren und kundenspezifische Teile für medizinische Geräte.

Durch additive Fertigung behält das Molybdänkupferblech beim Laserschmelzen seine gute strukturelle Stabilität und seine hervorragenden physikalischen Eigenschaften auch in Hochtemperaturumgebungen. Die kundenspezifische Fertigung von Molybdänkupferblechen ermöglicht ein besseres Wärmemanagement in komplexen Strukturkomponenten und ermöglicht eine effiziente Komponentenfertigung durch Reduzierung der thermischen Belastung und Verbesserung der Leistung.

Darüber hinaus ermöglicht die additive Fertigung von Molybdänkupferblechen eine präzise Anpassung der Leistung an unterschiedliche Anwendungsanforderungen und erfüllt so die unterschiedlichen Anforderungen verschiedener Industrieprodukte an Wärmemanagement, mechanische Festigkeit, Hochtemperaturbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Dadurch bieten Molybdänkupferbleche breite Anwendungsperspektiven in aufstrebenden Bereichen und werden zu einem Schlüsselmaterial für die Herstellung kundenspezifischer Komponenten.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Kupferblech Bild

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Copper Sheets Introduction

1. Overview of Molybdenum Copper Sheets

Molybdenum-copper (Mo-Cu) sheets are composite materials composed of molybdenum and copper. Thanks to their unique combination of thermal, electrical, and mechanical properties, as well as their tunability, Mo-Cu sheets are widely used in fields such as thermal management, high-performance electronic devices, semiconductors, and aerospace. They are commonly utilized as packaging materials, integrated circuit substrates, heat sinks, and LED thermal dissipation substrates. At CTIA GROUP LTD, we can customize molybdenum-copper products with specific dimensions and compositions according to customer requirements.

2. Features of Molybdenum Copper Sheets

- Excellent Electrical Conductivity:** Suitable for applications requiring efficient electrical connections.
- High Thermal Conductivity:** Capable of rapid heat transfer, ideal for electronic devices that require effective thermal dissipation.
- Low Coefficient of Thermal Expansion:** Highly compatible with semiconductor materials like silicon, helping to minimize thermal stress caused by temperature fluctuations and preventing deformation or damage to components.
- Good Workability:** Can be processed through cutting and other techniques into parts of various sizes and shapes to meet diverse application needs.

3. Typical Properties of Molybdenum-Copper Alloys

Material Composition	Density (g/cm³)	Thermal Conductivity (W/M·K at 25°C)	Thermal Expansion Coefficient (10 ⁻⁶ /°C)
Mo85Cu15	10.00	160-180	6.8
Mo80Cu20	9.90	170-190	7.7
Mo70Cu30	9.80	180-200	9.1
Mo60Cu40	9.66	210-250	10.3
Mo50Cu50	9.54	230-270	11.5

4. Production Method of Molybdenum Copper Sheets

The preparation of molybdenum-copper sheets is primarily carried out using the infiltration method, which takes advantage of molybdenum's high melting point and copper's excellent fluidity. In this process, copper is infiltrated into a molybdenum preform at high temperatures, resulting in the formation of a dense molybdenum-copper composite material.

5. Purchasing Information

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

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kapitel 8 Markt- und Branchenstatus von Molybdän-Kupferblechen

8.1 Globaler Marktüberblick über Molybdän-Kupferbleche

Als wichtiger Zweig des Marktes für Molybdänlegierungen hat der globale Markt für Molybdänkupferbleche in den letzten Jahren aufgrund seiner einzigartigen Vorteile in Hochleistungsanwendungsszenarien einen stetigen Wachstumstrend gezeigt. Molybdänkupferblech ist ein Verbundwerkstoff aus Molybdän (Mo) und Kupfer (Cu), der sich durch eine hohe Wärmeleitfähigkeit, einen einstellbaren Wärmeausdehnungskoeffizienten und eine hohe Festigkeit auszeichnet. Er wird häufig in der Elektronik, Luft- und Raumfahrt, Kommunikation und neuen Energien eingesetzt. Sein Marktwachstum wird hauptsächlich durch die globale Nachfrage nach Hochleistungsmaterialien getrieben, insbesondere in der 5G-Kommunikation, bei Elektrofahrzeugen (EV) und Anlagen für erneuerbare Energien. Im Vergleich zum gesamten Molybdänmarkt ist die Wachstumsrate des Marktes für Molybdänkupferbleche ausgeprägter. Der Wachstumstrend des gesamten Molybdänmarktes ist relativ langsam, während die Bedeutung von Molybdänkupferblechen in Bereichen mit hoher Wertschöpfung (wie elektronischer Verpackung und Wärmemanagementkomponenten) immer stärker wird, was die Ausweitung seines Marktvolumens weiter fördert.

für Molybdänkupferbleche wird hauptsächlich von folgenden Schlüsselfaktoren getrieben. Erstens steigt die Nachfrage nach Materialien mit hoher Wärmeleitfähigkeit und geringer Wärmeausdehnung. Die Wärmeleitfähigkeit von Molybdänkupferblechen liegt zwischen 150 und 270 W/ mK, und der einstellbare Wärmeausdehnungskoeffizient beträgt $5\text{--}12 \times 10^{-6}/\text{K}$. Dies macht es zu einem idealen Material für elektronische Verpackungen und Wärmemanagementanwendungen. Beispielsweise werden Molybdänkupferbleche Mo60Cu40 in 5G-Basisstationen häufig als Wärmeableitungssubstrate eingesetzt, da ihre hervorragende Wärmeleitfähigkeit und ihre an Keramiksubstrate angepasste Wärmeausdehnung die Stabilität der Geräte im Hochfrequenzbetrieb gewährleisten. Zweitens hat das schnelle Wachstum des Marktes für Elektrofahrzeuge (EV) die Nachfrage nach Molybdänkupferblechen angetrieben. Die Batteriemanagementsysteme und Leistungshalbleiter von Elektrofahrzeugen benötigen effiziente Wärmemanagementmaterialien. Molybdänkupferbleche sind aufgrund ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit und Zuverlässigkeit die erste Wahl. Der Ausbau erneuerbarer Energien, wie beispielsweise Wind- und Solaranlagen, hat zudem die Nachfrage nach Molybdänkupferblechen erhöht. Beispielsweise werden Molybdänkupferbleche in der leitfähigen Schicht von Solar-Dünnschichtzellen eingesetzt, um den effizienten Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien zu unterstützen. Schließlich steigt die Nachfrage nach Hochleistungslegierungen in der Luft- und Raumfahrt sowie im Verteidigungsbereich stetig an. Das geringe Gewicht und die hohe Temperaturbeständigkeit von Molybdänkupferblechen haben zu ihrer Verwendung in Düsentriebwerken und Raketenkomponenten geführt. Beispielsweise eignen sich Molybdänkupferbleche Mo85Cu15 aufgrund ihres geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten und ihrer hervorragenden mechanischen Eigenschaften für Wärmemanagementkomponenten in der Luft- und Raumfahrt.

Der globale Markt für Molybdänkupferbleche ist nach Anwendungsbereichen in die Bereiche Elektronik, Luft- und Raumfahrt, Optoelektronik und Neue Energien unterteilt. In der Elektronikbranche werden

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Molybdänkupferbleche aufgrund ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit und ihres niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten häufig in Wärmeableitungssubstraten für Leistungshalbleiter, HF-Verstärker und 5G-Basisstationen eingesetzt. Beispielsweise eignet sich Mo60Cu40 aufgrund seiner Leitfähigkeit von etwa 30–40 % IACS (International Annealed Copper Standard) für Hochfrequenz-Kommunikationsgeräte. Die Luft- und Raumfahrt ist ein weiterer wichtiger Markt, in dem Molybdänkupferbleche zur Herstellung von Wärmemanagementkomponenten für Düsentriebwerke und Raketenkomponenten verwendet werden. Mo85Cu15 wird aufgrund seiner hohen Temperaturstabilität (beständig bis 600–800 °C) und seines geringen Gewichts bevorzugt. In der Optoelektronik werden Molybdänkupferbleche als Träger für Laser- und LED-Chips verwendet, und Mo70Cu30 weist eine ausgezeichnete Wärmeausdehnungsanpassung an Materialien wie Galliumarsenid auf, wodurch die Langzeitstabilität des Geräts gewährleistet wird. Angesichts der stark steigenden Nachfrage im Bereich der neuen Energien spielen Molybdänkupferbleche eine Schlüsselrolle in Batteriemanagementsystemen für Elektrofahrzeuge und Solar-Dünnschichtbatterien. Beispielsweise unterstützen Molybdänkupferbleche als leitfähige Schicht die Herstellung von Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid-Solarzellen (CIGS). Die vielfältige Nachfrage dieser Anwendungsbereiche hat das kontinuierliche Wachstum des Marktes für Molybdänkupferbleche vorangetrieben. Der Markt für Molybdänkupferbleche ist je nach Marke in Molybdänkupferlegierungen mit unterschiedlichen Anteilen unterteilt, wie etwa Mo85Cu15, Mo70Cu30, Mo60Cu40 und Mo50Cu50. Mo85Cu15 weist einen hohen Molybdängehalt und einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten (ca. $5-7 \times 10^{-6}/K$) auf. Dadurch eignet es sich für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt sowie der Optoelektronik und erfordert eine hohe Anpassungsfähigkeit an Keramik- oder Halbleitermaterialien. Mo70Cu30 bietet eine ausgewogene Wärmeleitfähigkeit und mechanische Eigenschaften und wird häufig in 5G-Basisstationen und Wärmeableitungssubstraten für Elektrofahrzeuge eingesetzt. Mo60Cu40 und Mo50Cu50 haben einen hohen Kupfergehalt und eine Wärmeleitfähigkeit von 220–270 W/ mK. Damit eignen sie sich für Hochfrequenz-Elektronikgeräte und neue Energiefelder. Dank der unterschiedlichen Leistungseigenschaften verschiedener Marken erfüllen Molybdänkupferbleche vielfältige Anwendungsanforderungen und steigern die Wettbewerbsfähigkeit auf dem Markt.

Der Markt für Molybdänkupferbleche unterteilt sich hauptsächlich in Direktfertigung und Vertrieb. Direktfertigung bedeutet die direkte Belieferung der Endverbraucher durch Hersteller, wie sie bei großen Elektronik- und Luftfahrtunternehmen üblich ist. Der Vertriebskanal vertreibt Produkte über Zwischenhändler an kleine und mittlere Unternehmen und deckt so einen größeren Markt ab. Distributoren legen Wert auf Kostenwettbewerbsfähigkeit und Lieferkettenzuverlässigkeit, um eine pünktliche Lieferung zu gewährleisten. Beispielsweise liefern Distributoren in Nordamerika und Europa maßgeschneiderte Molybdänkupferbleche an die Automobil- und Erneuerbare-Energien-Industrie, um den vielfältigen Anforderungen gerecht zu werden. Die Kombination aus Direktfertigung und Vertriebskanälen optimiert die Marktabdeckung und fördert die Verbreitung von Molybdänkupferblechen. Der globale Markt für Molybdänkupferbleche wird von China, den USA und Chile dominiert, und die Anbieter haben ihre Marktpositionen durch technologische Innovationen und strategische Kooperationen gefestigt. So hat China Molybdenum seine Kontrolle über die Lieferkette durch Investitionen in ausländische Mineralien und die Weiterverarbeitung gestärkt. Amerikanische Unternehmen produzieren hochreine Molybdänkupferbleche durch den Abbau von Kupfer-Molybdän-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Mineralien für die Luft- und Raumfahrt- sowie die Elektronikindustrie. Darüber hinaus haben die Anbieter ihre Wettbewerbsfähigkeit auf dem Markt durch die Entwicklung neuer Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffe (wie etwa Mo70Cu30 mit Graphenzusatz) zur Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit und Grenzflächenfestigkeit gesteigert.

8.2 Wichtige Hersteller von Molybdän-Kupferblechen - CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD ist eine Tochtergesellschaft der China Tungsten Online Technology Co., Ltd. CTIA wurde 1997 gegründet und startete mit www.chinatungsten.com, Chinas erster Website für Top-Wolframprodukte, und ist das erste E-Commerce-Unternehmen in China, das sich auf die Wolfram-, Molybdän- und Seltene Erden-Industrie konzentriert. Basierend auf fast drei Jahrzehnten tiefgreifender technischer Akkumulation und einem weltweiten Geschäftsruf im Bereich Wolfram und Molybdän hat sich CTIA zu einem der führenden Hersteller auf dem globalen Markt für Molybdänkupferbleche entwickelt und sich der Förderung der intelligenten, integrierten und flexiblen Entwicklung und Herstellung von Molybdänkupfermaterialien im Zeitalter des industriellen Internets verschrieben. Es produziert eine Vielzahl von Molybdänkupferblechen wie Mo85Cu15, Mo80Cu20, Mo60Cu40 und Mo50Cu50, die weit verbreitet in elektronischen Wärmeableitungssubstraten, Wärmemanagementkomponenten für die Luft- und Raumfahrt, 5G-Kommunikationsgeräten und optoelektronischen Geräten verwendet werden.

CTIA GROUP LTD übernimmt die Technologie und Erfahrung von China Tungsten Online, konzentriert sich auf die individuellen Bedürfnisse der Kunden, nutzt KI-Technologie und eine industrielle Internetplattform zur Zusammenarbeit mit den Kunden beim Design und produziert Molybdän-Kupfer-Bleche, die eine bestimmte chemische Zusammensetzung und bestimmte physikalische Eigenschaften aufweisen (wie etwa eine Dichte von etwa 9,1–10,0 g/cm³, eine Wärmeleitfähigkeit von 150–270 W/m·K, eine elektrische Leitfähigkeit von 20–45 % IACS, einen Wärmeausdehnungskoeffizienten von 5–12×10⁻⁶ / K) und bietet integrierte Dienste für den gesamten Prozess, vom Öffnen der Form über die Probeproduktion bis hin zur Endbearbeitung, Verpackung und Logistik.

Beispielsweise wird das von ihr produzierte Molybdänkupferblech Mo60Cu40 aufgrund seiner hohen Wärmeleitfähigkeit und guten Duktilität häufig in Kühlkörpern für HF-Module von 5G-Basisstationen verwendet; Mo85Cu15 wird aufgrund seiner geringen Wärmeausdehnung und hohen Festigkeit in Wärmemanagementkomponenten von Triebwerken in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt. CTIA GROUP LTD produziert Molybdänkupferbleche durch Pulvermetallurgie und Schmelzinfiltration. Die Pulvermetallurgie gewährleistet eine hohe Dichte und gute mechanische Eigenschaften (die Zugfestigkeit von Mo85Cu15 erreicht beispielsweise 500–600 MPa), und das Schmelzinfiltrationsverfahren optimiert die Wärmeleitfähigkeit und die elektrische Leitfähigkeit von Güten mit hohem Kupfergehalt.

In den letzten 30 Jahren hat China Tungsten Online über 130.000 Kunden weltweit in Europa, Amerika, Asien, Mauritius, Zypern und anderen Regionen F&E-, Design- und Produktionsdienstleistungen für

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

mehr als 500.000 Wolfram- und Molybdänprodukte bereitgestellt und damit den Grundstein für eine kundenspezifische, flexible und intelligente Fertigung gelegt.

Auf dieser Grundlage hat die CTIA GROUP LTD die intelligente Fertigung im Zeitalter des industriellen Internets weiter vertieft, intelligente Produktionsmanagementsysteme entwickelt, die Produktkonsistenz durch automatisierte Sinter- und Verarbeitungstechnologie verbessert und die hohen Präzisionsanforderungen der Elektronik-, Kommunikations- und Erneuerbare-Energien-Branche erfüllt. Das Unternehmen setzt aktiv auf globale ESG-Standards (Umwelt, Soziales und Unternehmensführung) und setzt auf nachhaltige Bergbau- und Verarbeitungstechnologien, beispielsweise durch die Reduzierung des Ressourcenverbrauchs durch das Recycling von Molybdän- und Kupferabfällen. Damit erfüllt das Unternehmen die Anforderungen des chinesischen „14. Fünfjahresplans“ für umweltfreundliche Fertigung. Sein Lieferkettennetzwerk erstreckt sich über Nordamerika, Europa und Asien und ermöglicht eine effiziente globale Lieferung durch strategische Kooperationen und E-Commerce-Plattformen (wie www.ctia.com.cn).

Die Wettbewerbsfähigkeit der CTIA GROUP LTD spiegelt sich auch in der Kostenkontrolle und der Massenproduktion wider. Insbesondere dank der reichlichen Molybdänvorkommen Chinas und der staatlichen Unterstützung baut das Unternehmen seine Produktionskapazitäten kontinuierlich aus, um den Wachstumsanforderungen der Infrastruktur-, 5G- und Elektrofahrzeugmärkte gerecht zu werden.

8.3 Marktnachfrage und Entwicklungstrend von Molybdän-Kupferblech

für Molybdänkupferbleche wird von der globalen Industrialisierung und dem technologischen Fortschritt angetrieben, insbesondere in den Bereichen Elektronik, Kommunikation, Luft- und Raumfahrt und erneuerbare Energien. Die Elektronikindustrie ist die Hauptnachfragequelle. Molybdänkupferbleche werden aufgrund ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit und ihres niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten häufig in Leistungshalbleitern, Mikrowellengeräten und Kühlkörpern eingesetzt. Im Jahr 2023 wird die Nachfrage der globalen Elektronikindustrie nach Molybdänkupferblechen einen erheblichen Anteil am Gesamtmarkt ausmachen. Die rasante Entwicklung der 5G-Kommunikation hat die Nachfrage nach Hochfrequenz-Molybdänkupferblechen erhöht, die für HF-Leistungsverstärker und Antennensubstrate verwendet werden, um Signalintegrität und thermische Stabilität zu gewährleisten. Auch das rasante Wachstum der Elektrofahrzeugindustrie hat die Nachfrage deutlich gesteigert. Molybdänkupferbleche werden für Wärmeableitungskomponenten von Batteriemanagementsystemen und Leistungsmodulen verwendet. Das Wachstum der weltweiten Elektrofahrzeugverkäufe im Jahr 2023 hat die Nachfrage nach verwandten Materialien angetrieben. Erneuerbare Energien wie Wind- und Solarenergie werden bis 2050 voraussichtlich große Mengen an Molybdän-Kupfer-Legierungen verbrauchen, beispielsweise für die Absorptionsschicht von Solarzellen und korrosionsbeständige Komponenten von Windkraftanlagen. Antaika China prognostiziert einen Molybdänverbrauch in der Windkraftbranche von rund 300.000 Tonnen. In der Luft- und Raumfahrt besteht eine stabile Nachfrage nach hochfesten Molybdän-Kupferblechen mit geringer Wärmeausdehnung, und Güten wie Mo85Cu15 werden in Düsentriebwerken und Wärmemanagementkomponenten von Satelliten eingesetzt. Was Entwicklungstrends angeht, hat der Aufstieg des 3D-Drucks und der additiven Fertigung neue Anwendungsgebiete für Molybdän-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kupferbleche erschlossen, beispielsweise für Präzisionskomponenten in der Luft- und Raumfahrt und in der medizinischen Ausrüstung. Darüber hinaus haben intelligente Produktions- und umweltfreundliche Fertigungstechnologien die Optimierung der Herstellungsprozesse von Molybdän-Kupferblechen vorangetrieben, beispielsweise durch eine verbesserte Produktkonsistenz durch die automatisierte Steuerung des Sinterprozesses. Der asiatisch-pazifische Raum wird weiterhin das Nachfragewachstum dominieren und die durch Chinas „14. Fünfjahresplan“ geförderte High-End-Produktion und der Aufbau der Infrastruktur dürften den Verbrauch an Molybdänkupferblechen weiter steigern.

8.4 Herausforderungen und Chancen für den Markt für Molybdänkupferbleche

Herausforderung

Molybdänkupferbleche basieren auf zwei wichtigen Rohstoffen, Molybdän und Kupfer, deren Preise von der Weltwirtschaft, dem Gleichgewicht von Angebot und Nachfrage sowie geopolitischen Faktoren beeinflusst werden und erheblichen Schwankungen unterliegen. Molybdän wird üblicherweise als Nebenprodukt von Kupfer- und Wolframminen abgebaut, und Schwankungen des Kupferpreises wirken sich direkt auf das Molybdänangebot aus. Solche Preisschwankungen erhöhen den Kostendruck auf Hersteller von Molybdänkupferblechen, insbesondere in der Elektronik- und Luftfahrtindustrie, die eine stabile Lieferkette benötigen, was zu einer Verringerung der Gewinnspannen oder einer geringeren Wettbewerbsfähigkeit auf dem Markt führen kann. Globale Bedenken hinsichtlich des Umweltschutzes haben Länder dazu veranlasst, die Aufsicht über Bergbau und Verarbeitung zu verstärken, insbesondere in China und Nordamerika. Im Jahr 2023 ging die Molybdänproduktion in Nordamerika aufgrund sinkender Kupfer-Molybdän-Erzqualitäten und strenger Umweltvorschriften (wie Emissionsstandards in den Vereinigten Staaten und Kanada) zurück, was die Produktionskapazität von Molybdänkupferblechen einschränkte. In China hat die strenge staatliche Kontrolle der Minengenehmigungen (wie beispielsweise die Überarbeitung des Umweltschutzgesetzes) die Betriebskosten erhöht, beispielsweise durch die Verpflichtung zum Einsatz emissionsarmer Anlagen und Abwasserbehandlungstechnologien. Diese Vorschriften haben zwar das Umweltmanagement verbessert, gleichzeitig aber auch die Compliance-Kosten für Hersteller von Molybdänkupferblechen erhöht, was zum Marktaustritt kleiner und mittlerer Unternehmen führen kann.

Molybdänkupferbleche sind aufgrund ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit und ihres niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten in der Elektronik- und Luft- und Raumfahrtbranche einzigartig. Andere Materialien wie Vanadium, Wolfram und Chrom verfügen jedoch in bestimmten Anwendungen über Konkurrenzpotenzial. Wolfram kann beispielsweise Molybdänkupferbleche in Hochtemperaturumgebungen aufgrund seines höheren Schmelzpunkts (ca. 3.422 °C) teilweise ersetzen, insbesondere bei Luft- und Raumfahrtkomponenten. Die Verwendung von Vanadium in hochfesten Stahllegierungen kann die indirekte Nachfrage nach Molybdänkupferblechen im Bereich der Stahlbewehrung schwächen, während die Verwendung von Chrom in korrosionsbeständigen Beschichtungen die Nachfrage nach Molybdänkupferblechen in bestimmten Anwendungen der chemischen Industrie ersetzen kann. Die Kostenvorteile oder Leistungsoptimierungen dieser alternativen Materialien können in bestimmten Szenarien zu einem teilweisen Verlust von Marktanteilen bei

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Molybdänkupferblechen führen. Beispielsweise kann der Einsatz von Molybdänkupferblechen in Wärmeableitungssubstraten von 5G-Basisstationen durch Wolfram-basierte Verbundwerkstoffe erschwert werden, insbesondere in kostensensiblen Märkten. Außerdem kann die zunehmende Verwendung von Keramikmaterialien (wie Aluminiumnitrid) in elektronischen Gehäusen die Nachfrage nach Werkstoffen wie Mo70Cu30 gefährden. In einigen Regionen, insbesondere in Schwellenmärkten wie dem Nahen Osten und Afrika, hat mangelndes Bewusstsein für die Vorteile von Molybdänkupferblechen die Marktdurchdringung eingeschränkt. Vielen potenziellen Nutzern (wie kleinen und mittelgroßen Elektronikherstellern) fehlt es an Wissen über die Wärmeleitfähigkeit (150–270 W/ m·K) und den einstellbaren Wärmeausdehnungskoeffizienten ($5-12 \times 10^{-6}/K$) von Molybdänkupferblechen, weshalb sie traditionelle Materialien wie reines Kupfer oder Aluminium bevorzugen. Darüber hinaus stellt die Instabilität der Lieferkette eine weitere große Herausforderung dar. Geopolitische Spannungen und Logistikprobleme können die Versorgung mit Molybdän und Kupfer unterbrechen und so die Produktion von Molybdän-Kupferblechen beeinträchtigen. Transportverzögerungen und Engpässe in den Häfen können die Risiken in der Lieferkette weiter verschärfen, was zu Verzögerungen bei der Lieferung von Molybdän-Kupferblechen führen und die Produktionspläne in der Luft- und Raumfahrt- sowie der Elektronikindustrie beeinträchtigen kann.

Gelegenheit

Die rasante Entwicklung der globalen Industrie für neue Energien und Elektronik eröffnet dem Markt für Molybdänkupferbleche breite Perspektiven. Molybdänkupferbleche werden aufgrund ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit und ihres niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten häufig in Elektrofahrzeugen, 5G-Kommunikationsgeräten und Anlagen für erneuerbare Energien eingesetzt. Beispielsweise werden Molybdänkupferbleche Mo60Cu40 im Bereich Elektrofahrzeuge als Wärmeableitungssubstrate in Batteriemanagementsystemen eingesetzt, um die Stabilität der Batterien bei hohem Stromverbrauch zu gewährleisten. Im Bereich der 5G-Kommunikation werden Molybdänkupferbleche (wie Mo70Cu30) aufgrund ihrer elektrischen Leitfähigkeit (ca. 30–40 % IACS) und der Anpassung der Wärmeausdehnung an Keramiksubstrate häufig in HF-Verstärkern von Basisstationen und Leistungshalbleitern eingesetzt, um die Stabilität der Hochfrequenzsignalübertragung zu gewährleisten. Die Nachfrage nach Anlagen für erneuerbare Energien treibt das Marktwachstum ebenfalls an. Beispielsweise werden Molybdänkupferbleche als leitfähige Schicht von Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS)-Dünnschicht-Solarzellen verwendet, um die Effizienz der Solarstromerzeugung zu verbessern. Das schnelle Wachstum dieser neuen Anwendungsbereiche sorgt für eine stabile Nachfrage nach Molybdänkupferblechen. Technologische Innovationen haben dem Markt für Molybdänkupferbleche neue Wachstumspotenziale eröffnet. Moderne Extraktionstechnologien (wie die Hydrometallurgie) haben die Molybdängewinnungsrate verbessert und die Produktionskosten gesenkt. Fortschritte in der additiven Fertigung (3D-Druck) haben die Herstellung komplex geformter Teile aus Molybdänkupferblechen ermöglicht, insbesondere in der Luft- und Raumfahrt sowie in der Medizintechnik. Beispielsweise weisen Molybdän-Kupfer-Verbundwerkstoffe, die im 3D-Druckverfahren Elektronenstrahlschmelzen (EBM) hergestellt werden, eine hohe Dichte und Rissbeständigkeit auf und eignen sich für Hochtemperaturteile in der Luft- und Raumfahrt, wie beispielsweise Turbinenschaufeln aus Mo85Cu15.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Darüber hinaus verbessert die Anwendung der Nanokompositstechnologie (z. B. durch die Zugabe von Graphen zu Mo70Cu30) die Wärmeleitfähigkeit und die Grenzflächenfestigkeit und erweitert so die Anwendungsmöglichkeiten von Molybdän-Kupfer-Platten in der Präzisionsfertigung. Beispielsweise steigt die Nachfrage nach Hochleistungs-Molybdän-Kupfer-Platten für Röntgentargets und Kühlkörperkomponenten im medizinischen Bereich. Diese technologischen Innovationen verbessern nicht nur die Leistung von Molybdän-Kupfer-Platten, sondern reduzieren auch den Materialabfall im Produktionsprozess und steigern die Wettbewerbsfähigkeit.

Chinas 14. Fünfjahresplan legt den Schwerpunkt auf die Modernisierung der Produktion und die Entwicklung neuer Energien, was die Nachfrage nach Molybdänkupferblechen erhöht. Beispielsweise wird Mo60Cu40 in Smart-Grid- und Hochgeschwindigkeitsbahnprojekten zur Herstellung effizienter leitfähiger Komponenten verwendet. Die schnelle Urbanisierung und der Ausbau der Elektronikindustrie in asiatisch-pazifischen Ländern wie Indien und Japan haben den Markt zusätzlich erweitert. Diese regionale Nachfrage bietet Anbietern vielfältige Marktchancen, insbesondere bei Anwendungen mit hoher Wertschöpfung. Der Trend zur umweltfreundlichen Fertigung, bei der Molybdänkupferabfälle recycelt werden, bietet dem Markt ebenfalls neue Chancen. Die Verwendung von Molybdänkupferblechen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien steht im Einklang mit den globalen Zielen zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes. Beispielsweise verlängern die Korrosionsbeständigkeit und Wärmeleitfähigkeit von Molybdänkupferblechen die Lebensdauer von Windkraftanlagen und Solarzellen.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Kupferblech Bild

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kapitel 9 Zukünftige Entwicklung von Molybdän-Kupferblechen

9.1 Potenzial neuer Herstellungstechnologien für Molybdän-Kupferbleche

Basierend auf traditionellen Verfahren der Pulvermetallurgie und Schmelzinfiltration entwickelt sich die Herstellungstechnologie für Molybdän-Kupfer-Bleche immer intelligenter, umweltfreundlicher und effizienter. Mit dem Fortschritt der Materialwissenschaft und Fertigungstechnologie haben neue Herstellungstechnologien großes Potenzial gezeigt. Die additive Fertigung (3D-Druck) ist dabei ein wichtiger Schritt. Mittels Laser-Pulverbettsschmelzen oder Elektronenstrahlschmelzen lassen sich komplex geformte Molybdän-Kupfer-Blechteile, wie beispielsweise Wärmemanagementkomponenten für die Luft- und Raumfahrt oder Kühlkörper für Mikrowellengeräte, direkt drucken. Die 3D-Drucktechnologie ermöglicht eine präzise Steuerung des Molybdän-Kupfer-Verhältnisses und der Mikrostruktur, optimiert die Wärmeleitfähigkeit ($150\text{--}270\text{ W/m}\cdot\text{K}$) und die elektrische Leitfähigkeit und reduziert den Materialabfall. So lässt sich beispielsweise durch das schichtweise Schmelzen von Mo60Cu40-Pulver ein Kühlkörper mit komplexen Innenkanälen herstellen, der den hohen Wärmelastanforderungen von 5G-Geräten gerecht wird.

Die Nanokomposit-Technologie ist ein weiteres potenzielles Gebiet. Durch die Einführung nanoskaliger Verstärkungsphasen (wie Graphen oder Kohlenstoffnanoröhren) an der Molybdän-Kupfer-Grenzfläche lassen sich die Bindungsstärke und die Wärmeleitfähigkeit verbessern. Beispielsweise kann die Zugabe von Graphen zu Mo70Cu30 die Wärmeleitfähigkeit auf 260 W/mK erhöhen und gleichzeitig einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten ($8\text{--}10 \times 10^{-6}/\text{K}$) beibehalten. Darüber hinaus verbessern intelligente Produktionstechnologien wie KI-gestützte Prozessoptimierung und automatisierte Sintersteuerung die Dichte und Leistungskonsistenz von Molybdän-Kupfer-Blechen durch Echtzeitüberwachung von Temperatur- und Druckparametern und eignen sich für die Großserienproduktion von hochkupferhaltigen Werkstoffen wie Mo50Cu50. Auch umweltfreundliche Fertigungstechnologien haben große Aufmerksamkeit auf sich gezogen, beispielsweise die Verwendung von recycelbarem Molybdän-Kupfer-Abfall als Rohstoff und die Reduzierung des Energieverbrauchs durch Niedertemperatur-Sinter- oder Plasma-Sintertechnologie, die den globalen ESG-Standards (Umwelt, Soziales und Unternehmensführung) entspricht. Die CTIA GROUP LTD hat begonnen, diese Technologien zu erforschen und die industrielle Internetplattform zu nutzen, um umfassende Prozessintelligenz vom Design bis zur Produktion zu erreichen. Beispielsweise wird KI eingesetzt, um gemeinsam Molybdän-Kupferbleche Mo85Cu15 zu entwickeln, die den individuellen Anforderungen von Hochtemperatur-Luftfahrtkomponenten gerecht werden. Diese neuen Technologien sollen die Produktionskosten senken, die Zyklen verkürzen und die Produktleistung verbessern und so neue Möglichkeiten für Molybdän-Kupferbleche in Hochleistungsanwendungen eröffnen.

9.2 Forschungsrichtungen zur Optimierung der Leistung von Molybdän-Kupferblechen

Bei Molybdänkupferblechen liegt der Schwerpunkt auf der Verbesserung von Wärmeleitfähigkeit, elektrischer Leitfähigkeit, mechanischen Eigenschaften und Umweltverträglichkeit, um den strengen Anforderungen der Bereiche Elektronik, Luft- und Raumfahrt und neue Energien gerecht zu werden. Die

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Optimierung der Grenzfläche steht im Mittelpunkt. Durch Verbesserung der Bindungsqualität der Molybdän-Kupfer-Grenzfläche werden Wärmewiderstand und elektrischer Kontaktwiderstand reduziert. Beispielsweise wird durch chemische Gasphasenabscheidung (CVD) eine Übergangsschicht auf der Oberfläche von Molybdänpartikeln abgeschieden, um die Wärmeleitfähigkeit von Mo60Cu40 auf über 250 W/ m·K zu erhöhen und gleichzeitig die Zugfestigkeit auf 400 MPa zu steigern. Die Legierungsgestaltung ist ein weiterer wichtiger Bereich. Durch die Zugabe von Spurenelementen (wie Rhenium oder Titan) können die Hochtemperaturbeständigkeit und Oxidationsbeständigkeit von Molybdänkupferblechen verbessert werden. Beispielsweise kann durch die Zugabe einer kleinen Menge Rhenium zu Mo85Cu15 dessen strukturelle Stabilität bei 800 °C aufrechterhalten werden, was für Komponenten von Düsentriebwerken in der Luft- und Raumfahrt geeignet ist. Auch die Regulierung der Mikrostruktur wurde berücksichtigt. Durch die Steuerung der gleichmäßigen Verteilung der Molybdän- und Kupferphasen wird der Wärmeausdehnungskoeffizient ($5-12 \times 10^{-6}/K$) optimal an das Keramikmaterial angepasst. Beispielsweise wird die Mikrostruktur von Mo80Cu20 durch Plasmasintern angepasst, um thermische Spannungen zu reduzieren und die Lebensdauer elektronischer Gehäuse zu verlängern. Oberflächenmodifizierungstechnologien wie Magnetronspütern zur Abscheidung von Kupfer-Molybdän-Dünnschichtbeschichtungen können die elektrische Kontaktleistung und Korrosionsbeständigkeit verbessern und eignen sich für den Einsatz von Hochfrequenz-Molybdän-Kupfer-Platten in 5G-HF-Modulen.

Die Anwendung computergestützter Materialwissenschaften eröffnet neue Wege zur Leistungsoptimierung. Durch die Simulation der thermischen und mechanischen Eigenschaften von Molybdän-Kupfer-Legierungen lässt sich das optimale Zusammensetzungsverhältnis vorhersagen. Beispielsweise wird mithilfe molekuldynamischer Simulationen die Kupferphasenverteilung von Mo50Cu50 optimiert und die Leitfähigkeit auf 45 % IACS erhöht. Darüber hinaus steht die Optimierung der Umweltleistung im Fokus. Dabei werden energiearme Herstellungsverfahren und recycelbare Materialien untersucht, um die Umweltbelastung zu reduzieren. Beispielsweise werden durch das Recycling von Molybdän-Kupfer-Abfällen zur Herstellung von Mo70Cu30 die Produktionskosten gesenkt und die Nachhaltigkeit verbessert. Diese Forschungsrichtungen fördern den Einsatz von Molybdän-Kupfer-Blechen in Hochleistungsbereichen durch technologische Innovation und interdisziplinäre Integration.

9.3 Erweiterung der branchenübergreifenden Anwendungen von Molybdän-Kupferblechen

Molybdänkupferbleche erfreuen sich zunehmender Beliebtheit. Dank ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit, geringen Wärmeausdehnung und hervorragenden mechanischen Eigenschaften hat sich ihre Verwendung von der traditionellen Elektronik und Luft- und Raumfahrt bis hin zu den Bereichen Neue Energien, Medizin und Verteidigung sukzessive ausgeweitet. Im Bereich der Neuen Energien werden Molybdänkupferbleche aufgrund ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit häufig in Batteriemanagementsystemen von Elektrofahrzeugen und Anlagen für erneuerbare Energien eingesetzt. Beispielsweise wird Mo60Cu40 für Wärmeableitungssubstrate von Leistungsmodulen für Elektrofahrzeuge verwendet, um hohe Wärmelasten effektiv zu bewältigen; Mo70Cu30 wird für Absorptionsschichten von Solarzellen und korrosionsbeständige Komponenten von Windkraftanlagen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

verwendet. Es wird erwartet, dass die Windkraftindustrie bis 2050 große Mengen an Molybdänkupferlegierungen verbrauchen wird.

Im medizinischen Bereich haben sich Molybdänkupferbleche aufgrund ihrer Biokompatibilität und hohen Festigkeit bei der Herstellung medizinischer Geräte bewährt. Beispielsweise wird Mo85Cu15 in den Wärmeableitungskomponenten von Röntgengeräten verwendet, um deren Stabilität in strahlungsintensiven Umgebungen zu gewährleisten. 3D-gedruckte Molybdänkupferbleche eignen sich zur Herstellung von Wärmemanagementkomponenten für präzise implantierbare medizinische Geräte. Auch im Verteidigungssektor nimmt die Verwendung von Molybdänkupferblechen zu. Mo80Cu20 eignet sich aufgrund seiner geringen Wärmeausdehnung und hohen Festigkeit für Kühlkörper in Raketen- und Radarsystemen und erfüllt die Anforderungen in Umgebungen mit hohen Temperaturen und starken Vibrationen. Hochleistungsrechnen und künstliche Intelligenz haben neue Märkte für Molybdänkupferbleche erschlossen. Die hohe Wärme- und elektrische Leitfähigkeit von Mo50Cu50 macht es zur idealen Wahl für Wärmeableitungssubstrate für Serverchips in Rechenzentren und unterstützt die hochdichte 3D-Verpackungstechnologie.

Darüber hinaus werden neue Anwendungen von Molybdänkupferblechen in der Optoelektronik immer beliebter, beispielsweise Mo70Cu30 für Hochleistungslaser und LED-Chipträger zur Optimierung des Wärmemanagements und der elektrischen Kontaktleistung. Die branchenübergreifende Expansion profitiert zudem von neuen Herstellungstechnologien wie 3D-Druck und Nanokompositstechnologie, die es ermöglichen, komplexe Strukturen aus Molybdänkupferblechen individuell anzupassen und so den Präzisionsanforderungen der Medizin- und Verteidigungsbranche gerecht zu werden. Mit dem globalen Fokus auf effiziente Energie und intelligente Fertigung wird das Anwendungspotenzial von Molybdänkupferblechen in Kernwärmetauschern, Brennstoffzellen und intelligenten Terminals künftig weiter ausgeschöpft und das Marktwachstum vorangetrieben.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Kupferblech Bild

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Copper Sheets Introduction

1. Overview of Molybdenum Copper Sheets

Molybdenum-copper (Mo-Cu) sheets are composite materials composed of molybdenum and copper. Thanks to their unique combination of thermal, electrical, and mechanical properties, as well as their tunability, Mo-Cu sheets are widely used in fields such as thermal management, high-performance electronic devices, semiconductors, and aerospace. They are commonly utilized as packaging materials, integrated circuit substrates, heat sinks, and LED thermal dissipation substrates. At CTIA GROUP LTD, we can customize molybdenum-copper products with specific dimensions and compositions according to customer requirements.

2. Features of Molybdenum Copper Sheets

- Excellent Electrical Conductivity:** Suitable for applications requiring efficient electrical connections.
- High Thermal Conductivity:** Capable of rapid heat transfer, ideal for electronic devices that require effective thermal dissipation.
- Low Coefficient of Thermal Expansion:** Highly compatible with semiconductor materials like silicon, helping to minimize thermal stress caused by temperature fluctuations and preventing deformation or damage to components.
- Good Workability:** Can be processed through cutting and other techniques into parts of various sizes and shapes to meet diverse application needs.

3. Typical Properties of Molybdenum-Copper Alloys

Material Composition	Density (g/cm³)	Thermal Conductivity (W/M·K at 25°C)	Thermal Expansion Coefficient (10 ⁻⁶ /°C)
Mo85Cu15	10.00	160-180	6.8
Mo80Cu20	9.90	170-190	7.7
Mo70Cu30	9.80	180-200	9.1
Mo60Cu40	9.66	210-250	10.3
Mo50Cu50	9.54	230-270	11.5

4. Production Method of Molybdenum Copper Sheets

The preparation of molybdenum-copper sheets is primarily carried out using the infiltration method, which takes advantage of molybdenum's high melting point and copper's excellent fluidity. In this process, copper is infiltrated into a molybdenum preform at high temperatures, resulting in the formation of a dense molybdenum-copper composite material.

5. Purchasing Information

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

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kapitel 10 Nationale und internationale Normen für Molybdän-Kupferbleche

10.1 Chinesischer Nationalstandard für Molybdän-Kupferbleche

Chinas nationale Normen bieten normative Leitlinien für die Herstellung, Prüfung und Anwendung von Molybdänkupferblechen, um Produktqualität und Branchenkonsistenz zu gewährleisten. Die wichtigste Norm für Molybdänkupferbleche ist derzeit die Industrienorm YS/T 1546-2022 „Molybdänkupferlegierungsplatte“, die vom Ministerium für Industrie und Informationstechnologie verwaltet, am 30. September 2022 herausgegeben und am 1. April 2023 in Kraft gesetzt wird. Die Aktennummer lautet 88796-2023. Diese Norm gilt für Molybdänkupferlegierungsplatten im verformten, geglühten und infiltrierten Zustand und umfasst gängige Güten wie Mo85Cu15, Mo80Cu20 und Mo70Cu30. Sie legt die chemische Zusammensetzung, die physikalischen Eigenschaften (wie Dichte, Wärmeleitfähigkeit) und die Verarbeitungsanforderungen fest und eignet sich für Wärmeableitungssubstrate und leitfähige Komponenten in den Bereichen Elektronikverpackung, Luft- und Raumfahrt sowie Kommunikation.

Beispielsweise schreibt die Norm vor, dass die Dichte von Mo70Cu30 etwa $9,6 \text{ g/cm}^3$, die Wärmeleitfähigkeit etwa $200\text{--}250 \text{ W/mK}$ und der Wärmeausdehnungskoeffizient etwa $8\text{--}10 \times 10^{-6}/\text{K}$ betragen muss, um die Übereinstimmung mit Keramikwerkstoffen zu gewährleisten. Darüber hinaus enthält YS/T 660-2022 „Produktmarken und chemische Zusammensetzung für die Verarbeitung von Molybdän und Molybdänlegierungen“ eine Referenz zur chemischen Zusammensetzung von Molybdänkupferblechen und erläutert den Gehaltsbereich von Molybdän und Kupfer sowie die Anforderungen zur Verunreinigungskontrolle. Weitere relevante Normen sind YS/T 1562.1-2022 „Chemische Analysemethoden für Wolframkupferlegierungen, Teil 1: Bestimmung des Kupfergehalts durch Joddigitalisierung und Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma“, das Methodenunterstützung zur Bestimmung der Zusammensetzung von Molybdänkupferblechen bietet. Diese Normen werden von der China Nonferrous Metals Industry Association und dem National Technical Committee for Nonferrous Metals Standardization (TC243) überwacht, um die Übereinstimmung mit den Anforderungen der High-End-Fertigungsindustrie im „14. Fünfjahresplan“ des Landes zu gewährleisten. Unternehmen wie die CTIA GROUP LTD halten sich strikt an diese Normen, um Molybdänkupferbleche herzustellen, die den Anforderungen der Elektronik- und Luft- und Raumfahrtindustrie gerecht werden.

10.2 Internationale Normen für Molybdän-Kupferbleche

Internationale Normen bieten einheitliche Spezifikationen für die Produktion und den Handel von Molybdänkupferblechen auf dem Weltmarkt. Die Internationale Organisation für Normung (ISO) und die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) haben jedoch bisher keine eigenständigen Normen speziell für Molybdänkupferbleche herausgegeben. Die entsprechenden Anforderungen sind üblicherweise in die Normen für Molybdänlegierungen oder Verbundwerkstoffe integriert. ISO 1554:1976 und ISO 1553:1976 (Chemische Analysemethoden für verarbeitete und gegossene Kupferlegierungen sowie Reinkupfer) bieten Referenzen für die Bestimmung des Kupfergehalts in

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

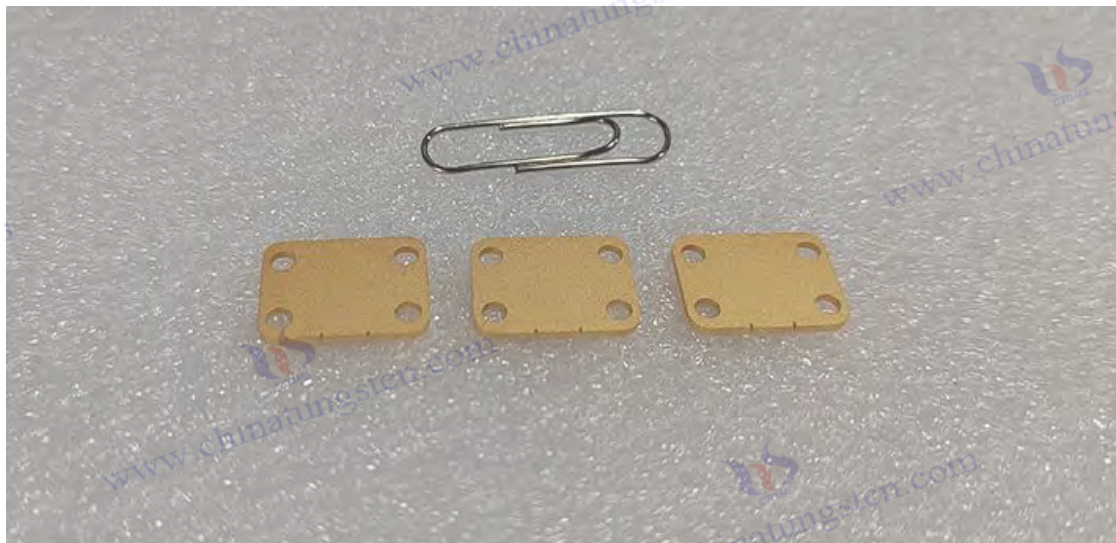
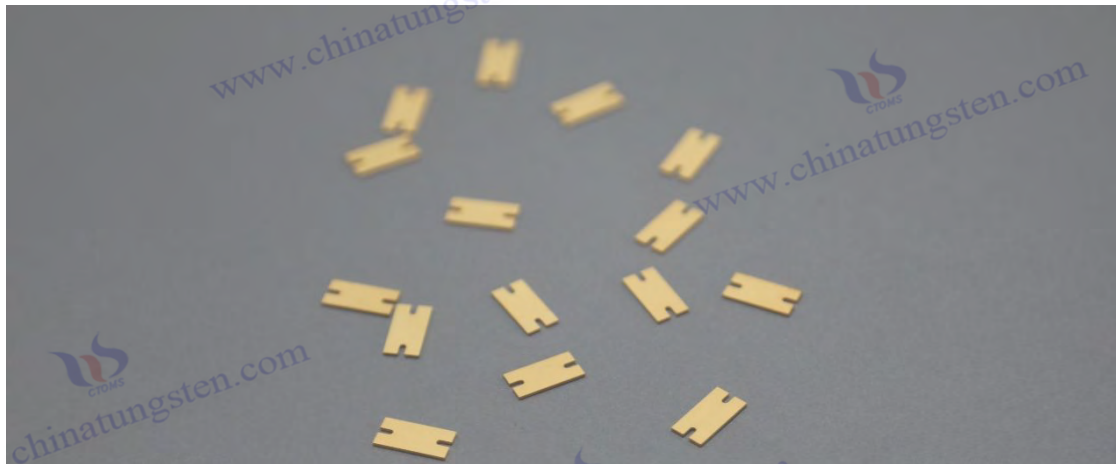
Molybdänkupferblechen. Der Kupfergehalt wird mittels Elektrolyse analysiert, um die Genauigkeit der chemischen Zusammensetzung sicherzustellen. Diese Normen werden teilweise von der chinesischen Norm YS/T 1562.1-2022 zur Bestimmung des Kupfergehalts von Güten wie Mo60Cu40 übernommen. Darüber hinaus wird die Qualitätsmanagementnorm ISO 9001 häufig in der Qualitätskontrolle von Herstellern von Molybdänkupferblechen angewendet, um die gleichbleibende Produktleistung zu gewährleisten. CTIA GROUP LTD beispielsweise hat die ISO 9001-Zertifizierung erhalten und den Produktionsprozess von Mo50Cu50 optimiert, um den Anforderungen von 5G-Kommunikationsgeräten gerecht zu werden. Internationale Normen beinhalten auch Umwelt- und Sicherheitsanforderungen, wie das Umweltmanagementsystem ISO 14001, das im Einklang mit globalen ESG-Standards die Reduzierung von Abfall und Energieverbrauch im Produktionsprozess fordert. Obwohl es keine speziellen internationalen Normen für Molybdänkupferbleche gibt, beziehen sich Hersteller von Molybdänkupferblechen in der Regel auf die entsprechenden Normen ISO/TC 119 (Pulvermetallurgie) und ISO/TC 26 (Kupfer und Kupferlegierungen), kombiniert mit den Vertragsanforderungen der Kunden, um Leistungsparameter wie Wärmeleitfähigkeit ($150\text{--}270\text{ W/m}\cdot\text{K}$) und Wärmeausdehnungskoeffizienten ($5\text{--}12\times 10^{-6}/\text{K}$) anzupassen. Da die Anwendung von Molybdänkupferblechen in der Zukunft in den Bereichen neue Energie und Elektronik zunimmt, könnte die ISO spezifischere Normen zur Regulierung des Weltmarkts formulieren.

Normen für Molybdänkupferbleche in Europa, Amerika, Japan, Südkorea und anderen Ländern weltweit

für Molybdänkupferbleche in Europa, Amerika, Japan, Südkorea und anderen Ländern basieren in der Regel auf eigenen Werkstoffnormen oder Industriespezifikationen. Da Molybdänkupferbleche spezielle Anwendungsmaterialien sind, gibt es nur wenige spezielle Normen, und die entsprechenden Anforderungen sind in die Normen für Kupferlegierungen, Molybdänlegierungen und Verbundwerkstoffe integriert. In den USA bieten die Normen der American Society for Testing and Materials (ASTM), wie beispielsweise ASTM B777 (Standard für hochdichte Wolframlegierungen), indirekte Referenzen für die Leistungsprüfung von Molybdänkupferblechen. Obwohl sie nicht direkt auf Molybdänkupferbleche ausgerichtet sind, sind ihre Prüfmethoden (wie Dichte und Zugfestigkeit) für die Qualitätskontrolle von Güten wie Mo85Cu15 anwendbar. Amerikanische Unternehmen berücksichtigen häufig kundenspezifische Anforderungen, um Molybdänkupferbleche für die Anforderungen der Luft- und Raumfahrt herzustellen, wie beispielsweise Mo80Cu20 für Satelliten-Wärmemanagementkomponenten mit einer Wärmeleitfähigkeit von ca. $170\text{--}200\text{ W/mK}$. In Europa regelt das Europäische Komitee für Normung (CEN) indirekt die Verarbeitungsanforderungen für Molybdänkupferbleche durch die Norm EN 13599 (Platten und Bänder aus Kupfer und Kupferlegierungen) und legt dabei besonderen Wert auf die chemische Zusammensetzung und die mechanischen Eigenschaften (z. B. Zugfestigkeit $400\text{--}600\text{ MPa}$). Auch das Deutsche Institut für Normung (DIN) bietet ähnliche Richtlinien. Einige Unternehmen orientieren sich an der DIN EN ISO 6892-1, um Zugversuche an Molybdänkupferblechen durchzuführen und so sicherzustellen, dass Festigkeit und Duktilität von Mo70Cu30 den Anforderungen für elektronische Verpackungen entsprechen.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

In Japan dienen japanische Industrienormen (JIS), wie beispielsweise JIS H 3100 (Bleche und Bänder aus Kupfer und Kupferlegierungen), als Referenz für die Herstellung von Molybdänkupferblechen, wobei die elektrische Leitfähigkeit und die Wärmeleitfähigkeit im Vordergrund stehen. Molybdänkupferbleche der Klasse Mo60Cu40, die von japanischen Unternehmen hergestellt werden, werden häufig in Hochfrequenz-Kommunikationsgeräten eingesetzt und weisen eine elektrische Leitfähigkeit von etwa 30–40 % IACS auf. Die Koreanische Agentur für Technologie und Standards (KATS) produziert Molybdänkupferbleche, die den Anforderungen neuer Energien gerecht werden, wie beispielsweise Mo50Cu50 für Leistungsmodule von Elektrofahrzeugen, gemäß internationalen Normen und Kundenverträgen. Diese Länder passen die Leistungsparameter von Molybdänkupferblechen üblicherweise an ISO-Normen und Branchenpraktiken an und gewährleisten Qualität und Umweltverträglichkeit durch Zertifizierungen nach ISO 9001 und ISO 14001. Auch europäische, amerikanische, japanische und koreanische Unternehmen arbeiten mit chinesischen Herstellern wie der CTIA GROUP LTD zusammen und verwenden den chinesischen Standard YS/T 1546-2022 als Referenz, um die Produktkonsistenz auf dem Weltmarkt zu gewährleisten.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Kupferblech Bild

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

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Copper Sheets Introduction

1. Overview of Molybdenum Copper Sheets

Molybdenum-copper (Mo-Cu) sheets are composite materials composed of molybdenum and copper. Thanks to their unique combination of thermal, electrical, and mechanical properties, as well as their tunability, Mo-Cu sheets are widely used in fields such as thermal management, high-performance electronic devices, semiconductors, and aerospace. They are commonly utilized as packaging materials, integrated circuit substrates, heat sinks, and LED thermal dissipation substrates. At CTIA GROUP LTD, we can customize molybdenum-copper products with specific dimensions and compositions according to customer requirements.

2. Features of Molybdenum Copper Sheets

- Excellent Electrical Conductivity:** Suitable for applications requiring efficient electrical connections.
- High Thermal Conductivity:** Capable of rapid heat transfer, ideal for electronic devices that require effective thermal dissipation.
- Low Coefficient of Thermal Expansion:** Highly compatible with semiconductor materials like silicon, helping to minimize thermal stress caused by temperature fluctuations and preventing deformation or damage to components.
- Good Workability:** Can be processed through cutting and other techniques into parts of various sizes and shapes to meet diverse application needs.

3. Typical Properties of Molybdenum-Copper Alloys

Material Composition	Density (g/cm³)	Thermal Conductivity (W/M·K at 25°C)	Thermal Expansion Coefficient (10 ⁻⁶ /°C)
Mo85Cu15	10.00	160-180	6.8
Mo80Cu20	9.90	170-190	7.7
Mo70Cu30	9.80	180-200	9.1
Mo60Cu40	9.66	210-250	10.3
Mo50Cu50	9.54	230-270	11.5

4. Production Method of Molybdenum Copper Sheets

The preparation of molybdenum-copper sheets is primarily carried out using the infiltration method, which takes advantage of molybdenum's high melting point and copper's excellent fluidity. In this process, copper is infiltrated into a molybdenum preform at high temperatures, resulting in the formation of a dense molybdenum-copper composite material.

5. Purchasing Information

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

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Anhang: Glossar der Begriffe zu Molybdän-Kupferblechen

der Begriff	Definition	Anwendungsbeispiele
Molybdän-Kupferblech	Molybdän (Mo) und Kupfer (Cu) werden in einem bestimmten Verhältnis durch Pulvermetallurgie oder Schmelzinfiltration hergestellt und verfügen über eine hohe Wärmeleitfähigkeit, einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten und eine hohe Festigkeit.	Das Molybdänkupferblech Mo70Cu30 wird als Wärmeableitungssubstrat für 5G-Basisstationen verwendet und seine Wärmeleitfähigkeit beträgt etwa 200–250 W/m·K.
Molybdän	Übergangsmetall mit hohem Schmelzpunkt (Schmelzpunkt ca. 2623 °C), ausgezeichneter Hochtemperaturbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit, niedrigem Wärmeausdehnungskoeffizienten und bietet strukturelle Unterstützung.	das Strukturskelett aus Molybdän-Kupferblechen in Hochtemperaturkomponenten für die Luft- und Raumfahrt.
Kupfer	Hochleitfähige und wärmeleitfähige Metalle (Wärmeleitfähigkeit ca. 401 W/m·K, elektrische Leitfähigkeit ca. 100 % IACS), die ein thermisch und elektrisch leitfähiges Netzwerk bilden und die Duktilität verbessern.	Die Kupferphase in Mo60Cu40 verbessert die elektrische Leitfähigkeit und eignet sich für Kühlkörper in Kommunikationsgeräten.
Marke	Gibt den Masse- bzw. Volumenanteil von Molybdän und Kupfer in Molybdän-Kupferblechen an, beispielsweise Mo85Cu15 (85 % Molybdän, 15 % Kupfer).	Mo85Cu15 wird in der Luft- und Raumfahrt verwendet und Mo50Cu50 in elektronischen Hochfrequenzgeräten.
Wärmeleitfähigkeit	Ein Maß für die Wärmeleitfähigkeit von Molybdänkupferblechen, gemessen in W/m·K, die mit dem Kupfergehalt zunimmt.	Die Wärmeleitfähigkeit von Mo50Cu50 beträgt 220–270 W/m·K und wird für Wärmeableitungssubstrate von Leistungshalbleitern verwendet.
Wärmeausdehnungskoeffizient	Es gibt die Ausdehnungsrate von Molybdänkupferblechen bei Temperaturänderungen an. Die Einheit beträgt 10^{-6} /K und nimmt mit steigendem Molybdängehalt ab.	Der WAK von Mo85Cu15 liegt bei etwa $5-7 \times 10^{-6}$ /K, was dem Keramikmaterial entspricht und die thermische Spannung reduziert.
Leitfähigkeit	Ein Maß für die Fähigkeit eines Molybdänkupferblechs, Strom zu leiten, ausgedrückt als Prozentsatz von IACS, der mit dem Kupfergehalt zunimmt.	Die Leitfähigkeit von Mo60Cu40 beträgt etwa 30–40 % IACS und ist für Hochfrequenz-Kommunikationsgeräte geeignet.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Mechanische Eigenschaften	Molybdän- Kupferbleche unter dreiachsiger Belastung oder thermischen Zyklen spiegeln die Ermüdungsbeständigkeit wider.	Mo70Cu30 verfügt aufgrund seines hohen Kupfergehalts über eine gute Zähigkeit und eignet sich für Umgebungen mit starken Vibrationen in der Luft- und Raumfahrt.
Korrosionsbeständigkeit	- Kupferbleche, die der Korrosion durch korrosive Medien (wie Feuchtigkeit und Salznebel) widerstehen sollen, werden hauptsächlich von der Molybdänphase dominiert.	Mo85Cu15 eignet sich gut für Meeresumgebungen und ist für Wärmemanagementkomponenten in der Luft- und Raumfahrt geeignet.
Antioxidative Eigenschaften	Molybdän-Kupferblech, um Oxidationsreaktionen in sauerstoffhaltiger Umgebung mit hohen Temperaturen zu widerstehen.	Mo80Cu20 bleibt bei 600 °C strukturell stabil und eignet sich für elektronische Hochtemperaturgeräte.
Säure- und Laugenbeständigkeit	- Kupferbleche in sauren oder alkalischen Umgebungen.	Mo85Cu15 weist eine gute Leistung in nicht oxidierenden Säuren wie Salzsäure auf und eignet sich für Teile in der chemischen Industrie.
Pulvermetallurgie	Molybdän -Kupfer-Bleche werden durch Mischen von Molybdänpulver und Kupferpulver, Pressen und Sintern bei hohen Temperaturen (1000–1400 °C) hergestellt.	Mo85Cu15 wird pulvermetallurgisch hergestellt und hat eine Zugfestigkeit von 500–600 MPa.
Infiltrationsmethode	Molybdän -Kupferbleche werden durch Infiltration von geschmolzenem Kupfer in ein poröses Molybdänskelett hergestellt und eignen sich für Güten mit hohem Kupfergehalt.	Mo50Cu50 optimiert die Wärmeleitfähigkeit durch Schmelzinfiltration und eignet sich für Kühlkörper in 5G-Kommunikationsgeräten.
Heißpressintern	Eine Variante der Pulvermetallurgie, die die Dichte und die mechanischen Eigenschaften von Molybdän-Kupfer-Blechen durch Sintern bei hohen Temperaturen und hohem Druck verbessert .	Die Vickershärte von Mo80Cu20 erreicht 160–200 HV, was für Hochtemperaturkomponenten in der Luft- und Raumfahrt geeignet ist.
Hochfrequenz-Molybdän-Kupferblech	Molybdän-Kupfer-Bleche sind speziell für elektronische Hochfrequenzgeräte konzipiert und verfügen über eine hohe elektrische und thermische Leitfähigkeit.	Mo60Cu40 wird in HF-Leistungsverstärkern verwendet und hat eine Leitfähigkeit von etwa 30–40 % IACS.
Molybdän-Kupferblech	Für die Luft- und Raumfahrtindustrie entwickelte Molybdän-Kupferbleche weisen	Mo85Cu15 wird in Wärmemanagementkomponent

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

für die Luft- und Raumfahrt	eine geringe Wärmeausdehnung und eine hohe Festigkeit auf.	en von Strahltriebwerken verwendet und kann stabil bei 600–800 °C betrieben werden.
Photoelektrisches Gerät Typ Molybdän-Kupferblech	Für optoelektronische Geräte entwickelte Molybdän-Kupfer-Bleche verfügen über eine hohe Wärmeleitfähigkeit und einen entsprechenden Wärmeausdehnungskoeffizienten.	Mo70Cu30 wird als Wärmeableitungssubstrat für Hochleistungslaser verwendet und passt zu Galliumarsenid.
Sicherheitsdatenblätter	Ein Dokument, das Sicherheitsinformationen zu Molybdänkupferblechen enthält und die chemische Zusammensetzung, potenzielle Gefahren und Handhabungsrichtlinien beschreibt.	Das Sicherheitsdatenblatt von China Tungsten Intelligence empfiehlt das Tragen einer Staubmaske, um das Einatmen von Staub während der Verarbeitung zu verhindern.
Intelligente Fertigung	Nutzen Sie KI-Technologie und das industrielle Internet, um die Produktion von Molybdänkupferblechen zu optimieren und Konsistenz und Effizienz zu verbessern.	CTIA GROUP LTD produziert Mo50Cu50 durch automatisierte Sinterkontrolle, um die Anforderungen von 5G-Geräten zu erfüllen.
Additive Fertigung	Drucktechnologie aus Molybdän -Kupfer-Blechen können komplex geformte Teile hergestellt und der Materialabfall reduziert werden.	Aus Mo60Cu40 werden im 3D-Druckverfahren komplexe Kühlkörper hergestellt, die für die Luft- und Raumfahrt geeignet sind.
Nanokomposit-Technologie	Durch die Einführung von Nanoverstärkungsphasen (wie Graphen) an der Molybdän-Kupfer-Grenzfläche können die Wärmeleitfähigkeit und die Grenzflächenfestigkeit verbessert werden.	erreicht nach Zugabe von Graphen 260 W/ m·K .
ESG-Standards	Globale Umwelt-, Sozial- und Governance-Normen erfordern die Produktion von Molybdänkupferblechen, um Energieverbrauch und Abfall zu reduzieren.	Recyceln Sie Molybdän-Kupfer-Abfälle, um Mo70Cu30 herzustellen.
YS/T 1546-2022	Der chinesische Industriestandard „Molybdän-Kupfer-Legierungsplatte“ legt die chemische Zusammensetzung und die physikalischen Eigenschaften fest.	Mo70Cu30 hat eine Dichte von etwa 9,6 g/cm ³ und eignet sich für elektronische Verpackungen und die Luft- und Raumfahrt.
ISO 9001	Internationale Standards für Qualitätsmanagementsysteme, die zur Qualitätskontrolle von Unternehmen	Das Unternehmen hat die ISO 9001-Zertifizierung bestanden und den Mo50Cu50-Produktionsprozess optimiert.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

www.chinatur

www.gutenberg.com

-

Referenzen

- [1] Internationale Organisation für Normung. (1976). ISO 1553:1976: Unlegiertes Kupfer mit mindestens 99,90 % Kupfer – Bestimmung des Kupfergehalts – Elektrolytisches Verfahren. Genf, Schweiz: ISO.
- [2] Internationale Organisation für Normung. (1976). ISO 1554:1976: Kupferknet- und Gusslegierungen – Bestimmung des Kupfergehalts – Elektrolytisches Verfahren. Genf, Schweiz: ISO.
- [3] Internationale Organisation für Normung. (2015). ISO 9001:2015: Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen. Genf, Schweiz: ISO.
- [4] Internationale Organisation für Normung. (2015). ISO 14001:2015: Umweltmanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung. Genf, Schweiz: ISO.
- [5] Callister, WD, & Rethwisch, DG (2020). Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik: Eine Einführung (10. Aufl.). Hoboken, NJ: Wiley. ASM International. (1990). ASM-Handbuch, Band 2: Eigenschaften und Auswahl: Nichteisenlegierungen und Spezialwerkstoffe. Materials Park, OH: ASM International.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Kupferblech Bild

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