

モリブデン銅板とは

中钨智造科技有限公司

CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

タングステン、モリブデン、希土類元素産業におけるインテリジェント製造の世界的リーダー

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP の紹介

CHINATUNGSTEN ONLINE が設立した、独立した法人格を持つ完全子会社である CTIA GROUP LTD は、インダストリアルインターネット時代におけるタングステンおよびモリブデン材料のインテリジェントで統合された柔軟な設計と製造の促進に尽力しています。CHINATUNGSTEN ONLINE は、1997 年に www.chinatungsten.com（中国初のトップクラスのタングステン製品ウェブサイト）を起点に設立され、タングステン、モリブデン、希土類元素産業に特化した中国の先駆的な e コマース企業です。CTIA GROUP は、タングステンおよびモリブデン分野での約 30 年にわたる豊富な経験を活かし、親会社の優れた設計・製造能力、優れたサービス、世界的なビジネス評判を継承し、タングステン化学薬品、タングステン金属、超硬合金、高密度合金、モリブデン、モリブデン合金の分野で包括的なアプリケーションソリューションプロバイダーになりました。

CHINATUNGSTEN ONLINE は、過去 30 年間で 200 以上の多言語対応タングステン・モリブデン専門ウェブサイトを開設し、20 以上の言語に対応しています。タングステン、モリブデン、希土類元素に関するニュース、価格、市場分析など、100 万ページを超える情報を掲載しています。2013 年以来、WeChat 公式アカウント「CHINATUNGSTEN ONLINE」は 4 万件以上の情報を発信し、10 万人近くのフォロワーを抱え、世界中の数十万人の業界関係者に毎日無料情報を提供しています。ウェブサイト群と公式アカウントへの累計アクセス数は数十億回に達し、タングステン、モリブデン、希土類元素業界における世界的に権威のある情報ハブとして認知され、24 時間 365 日、多言語ニュース、製品性能、市場価格、市場動向などのサービスを提供しています。

CTIA GROUP は CHINATUNGSTEN ONLINE の技術と経験を基盤とし、顧客の個別ニーズへの対応に注力しています。AI 技術を活用し、顧客と共同で、特定の化学組成と物理的特性（粒径、密度、硬度、強度、寸法、公差など）を持つタングステン・モリブデン製品を設計・製造し、型開き、試作、仕上げ、梱包、物流まで、全工程を統合したサービスを提供しています。過去 30 年間、CHINATUNGSTEN ONLINE は、世界中の 13 万社以上の顧客に、50 万種類以上のタングステン・モリブデン製品の研究開発、設計、製造サービスを提供し、カスタマイズ可能で柔軟性が高く、インテリジェントな製造の基盤を築いてきました。CTIA GROUP はこの基盤を基に、インダストリアルインターネット時代におけるタングステン・モリブデン材料のインテリジェント製造と統合イノベーションをさらに深化させています。

ハンス博士と CTIA GROUP のチームは、30 年以上にわたる業界経験に基づき、タングステン、モリブデン、希土類に関する知識、技術、タングステン価格、市場動向分析を執筆・公開し、タングステン業界と自由に共有しています。ハンス博士は、1990 年代からタングステンおよびモリブデン製品の電子商取引および国際貿易、超硬合金および高密度合金の設計・製造において 30 年以上の経験を持ち、国内外でタングステンおよびモリブデン製品の専門家として知られています。CTIA GROUP のチームは、業界に専門的で高品質な情報を提供するという原則を堅持し、生産の実践と市場の顧客ニーズに基づいた技術研究論文、記事、業界レポートを継続的に執筆しており、業界で広く評価されています。これらの成果は、CTIA GROUP の技術革新、製品のプロモーション、業界交流に強力なサポートを提供し、同社が世界的なタングステンおよびモリブデン製品の製造と情報サービスのリーダーとなることを推進しています。



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

目次

第1章 はじめに

- 1.1 モリブデン銅板の概要
- 1.2 モリブデン-銅複合材料の組成と構造
- 1.3 材料科学におけるモリブデン銅板の重要性

第2章 モリブデン銅板の材料特性

- 2.1 モリブデンと銅の基本特性
- 2.2 モリブデン銅板の密度
- 2.3 モリブデン銅板の機械的特性
 - 2.3.1 モリブデン銅板の硬度
 - 2.3.2 モリブデン銅板の靱性
 - 2.3.3 Mo-Cu シートの延性
 - 2.3.4 モリブデン銅板の機械的強度
 - 2.3.5 モリブデン銅板の疲労抵抗
- 2.4 モリブデン銅板の化学的性質
 - 2.4.1 モリブデン銅板の耐食性
 - 2.4.2 モリブデン銅板の抗酸化特性
 - 2.4.3 モリブデン銅板の耐酸性および耐アルカリ性
- 2.5 モリブデン銅板の熱特性
 - 2.5.1 熱伝導率と熱拡散率
 - 2.5.2 熱膨張挙動と安定性
 - 2.5.3 高温耐性
- 2.6 モリブデン銅板の電気特性
 - 2.6.1 導電率と抵抗特性
 - 2.6.2 電気接触性能
 - 2.6.3 電気化学的安定性
- 2.7 モリブデン銅板と他の材料との比較
- 2.8 CTIA GROUP LTD モリブデン銅板 MSDS

第3章 モリブデン銅板の分類

- 3.1 ブランドによる分類（代表例）モリブデン銅板
 - 3.1.1 モリブデン銅
 - 3.1.2 モリブデン 80Cu20
 - 3.1.3 Mo70Cu30
 - 3.1.4 モリブデン 60銅 40
 - 3.1.5 Mo50Cu50
- 3.2 製造工程によるモリブデン銅板の分類
 - 3.2.1 粉末冶金法によるモリブデン銅板
 - 3.2.2 熔融浸透法によるモリブデン銅板の製造
- 3.3 モリブデン銅板の用途別分類

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 3.3.1 一般的なモリブデン銅板
- 3.3.2 高周波モリブデン銅板
- 3.3.3 航空宇宙用モリブデン銅板
- 3.3.4 光電変換素子型モリブデン銅板

第4章 モリブデン銅板の製造技術

- 4.1 粉末冶金技術によるモリブデン銅板の製造
 - 4.1.1 粉末冶金技術のプロセスフロー
 - 4.1.2 粉末冶金技術の利点と限界
- 4.2 浸透法によるモリブデン銅板の作製
 - 4.2.1 熔融浸透のプロセスフロー
 - 4.2.2 浸透法の利点と限界
- 4.3 モリブデン銅板の製造における3Dプリント技術の応用

第5章 モリブデン銅板の主な生産設備

- 5.1 モリブデン銅板粉末冶金技術製造装置
 - 5.1.1 粉末調製装置
 - 5.1.1.1 ボールミル
 - 5.1.1.2 噴霧装置
 - 5.1.2 粉末成形装置
 - 5.1.2.1 油圧プレス（モリブデン銅ピレットの冷間成形用）
 - 5.1.2.2 等方圧プレス
 - 5.1.3 焼結装置
 - 5.1.3.1 真空焼結炉
 - 5.1.3.2 ホットプレス焼結炉
 - 5.1.4 後処理装置
 - 5.1.4.1 熱処理炉
 - 5.1.4.2 精密研削盤
- 5.2 モリブデン銅板溶浸製造装置
 - 5.2.1 油圧プレス（モリブデン粉末を成形するためのもの）
 - 5.2.2 真空焼結炉（モリブデン骨格の焼結および銅の浸透用）

第6章 モリブデン銅板の性能試験方法と装置

- 6.1 モリブデン銅板の密度試験
 - 6.1.1 アルキメデス排水法の原理と動作
- 6.2 モリブデン銅板の多孔性試験
 - 6.2.1 金属顕微鏡観察と計算
- 6.3 モリブデン銅板の引張試験
 - 6.3.1 万能材料試験機の使用
- 6.4 モリブデン銅板の曲げ試験
 - 6.4.1 三点曲げ法
 - 6.4.2 四点曲げ法

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 6.5 モリブデン銅板の衝撃靱性試験
 - 6.5.1 振り子衝撃試験操作のポイント
- 6.6 モリブデン銅板の熱伝導率試験
 - 6.6.1 レーザーフラッシュ法の原理と応用
- 6.7 モリブデン銅板の熱膨張係数試験
 - 6.7.1 熱機械分析装置（TMA）の使用
- 6.8 モリブデン銅板の抵抗率試験
 - 6.8.1.4 プローブ測定プロセス
- 6.9 モリブデン銅板の接触抵抗試験
 - 6.9.1 DC 電圧降下法の動作仕様

第7章 モリブデン銅板の応用分野

- 7.1 電子産業におけるモリブデン銅板の応用
 - 7.1.1 包装材料
 - 7.1.2 集積回路基板
 - 7.1.3 マイクロ波機器の放熱部品
 - 7.1.4 マイクロ波デバイスの構造支持部品
 - 7.1.5 ヒートシンク材料
 - 7.1.6 RF モジュール
 - 7.1.7 LED 放熱基板
- 7.2 航空宇宙分野におけるモリブデン銅板の応用
 - 7.2.1 航空機金属部品
 - 7.2.2 宇宙船の熱保護材料
 - 7.2.3 ミサイルおよび宇宙船のコンポーネント
 - 7.2.4 レーダーシステムラジエーター
 - 7.2.5 軍用電子機器パッケージ
- 7.3 エネルギーおよび熱管理におけるモリブデン銅板の応用
 - 7.3.1 パワーエレクトロニクスデバイス
 - 7.3.2 原子力設備
 - 7.3.3 再生可能エネルギーシステム
 - 7.3.4 電気自動車のバッテリー熱管理
- 7.4 その他の新興用途分野におけるモリブデン銅板
 - 7.4.1 医療機器
 - 7.4.2 7G 通信基地局
 - 7.4.3 レーザーと光学系
 - 7.4.4 積層造形とカスタマイズコンポーネント

第8章 モリブデン銅板の市場と産業の現状

- 8.1 世界のモリブデン銅板市場の概要
- 8.2 モリブデン銅板の主要メーカー - CTIA GROUP LTD
- 8.3 モリブデン銅板の市場需要と開発動向
- 8.4 モリブデン銅板市場が直面する課題と機会

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

第9章 モリブデン銅板の将来展開

- 9.1 モリブデン銅板の新しい製造技術の可能性
- 9.2 モリブデン銅板の性能を最適化するための研究方向
- 9.3 モリブデン銅板の産業横断的な用途拡大

第10章 モリブデン銅板の国内規格および国際規格

- 10.1 モリブデン銅板の中国国家規格
 - 10.2 モリブデン銅板の国際規格
- ヨーロッパ、アメリカ、日本、韓国、その他世界各国のモリブデン銅板規格

付録:

- モリブデン銅板用語集
- 参考文献



CTIA GROUP LTD モリブデン銅板の写真

第 1 章 はじめに

1.1 モリブデン銅板の概要

モリブデン銅板は、モリブデンと銅からなる複合材料で、通常、薄板または板の形で電子、航空宇宙、エネルギー、高温産業の分野で使用されます。モリブデンの高い融点、耐腐食性、優れた熱安定性と銅の高い導電性、熱伝導性を組み合わせることで、優れた機械的特性と熱電特性を備えた先進的な材料を形成します。モリブデン銅板は主に粉末冶金技術によって製造され、モリブデン粉末と銅粉末を特定の割合で混合し、加圧焼結するか、熔融浸透法を用いて液体銅をモリブデンマトリックスに浸透させて複合構造を形成します。

モリブデン銅板には、次のような顕著な特性があります。高い熱伝導率により、熱管理に優れ、ヒートシンクや放熱板に適しています。熱膨張係数が低いため、高温環境でも寸法安定性が確保されます。モリブデンと銅の比率を調整することで、熱伝導率、電気伝導率、機械的強度をカスタマイズし、さまざまな用途の要件を満たすことができます。モリブデンは融点が高く（約 2623°C）、耐腐食性があるため、過酷な環境でも長期間使用できます。代表的な用途としては、電子パッケージの放熱基板、パワー半導体デバイス、マイクロ波デバイス、航空宇宙の熱管理コンポーネントなどがあります。20 世紀中頃から後半にかけて、高性能電子デバイスと高温用途の需要の増加に伴い、モリブデン銅板の研究開発と生産技術が大幅に向上しました。

1.2 モリブデン-銅複合材料の組成と構造

モリブデン - 銅複合材料は、モリブデンと銅の金属を特定のプロセスで製造し、その特性は組成比と微細構造に直接影響されます。材料の組成は通常、Mo70Cu30（モリブデン 70%、銅 30%）や Mo85Cu15 などの一般的なグレードのように、重量または体積パーセントで表されます。モリブデン含有量の増加は、材料の強度、耐高温性、低熱膨張特性を向上させますが、熱伝導率と電気伝導性がわずかに低下する可能性があります。一方、銅含有量の増加は、熱伝導率と電気伝導性を大幅に向上させますが、機械的強度と耐高温性は弱まります。微量添加剤（ニッケルや銀など）は、焼結性や界面の接合を改善するために使用されることがありますが、性能低下を避けるために含有量は厳密に制御されています。

微細構造の観点から見ると、モリブデン-銅複合材料は二相構造を呈しています。モリブデンは連続または半連続の骨格を形成し、機械的強度と耐高温性を提供し、粒子サイズは通常 1~10 ミクロンです。銅はモリブデン骨格の細孔を満たし、連続した熱伝導および電気伝導ネットワークを形成します。二相の界面結合は、主に焼結中の物理的なインターカレーションと拡散に依存します。良好な界面結合は、熱抵抗と電気抵抗を効果的に低減します。走査型電子顕微鏡（SEM）と X 線回折（XRD）分析によると、モリブデン粒子は通常、銅マトリックスに均一に包まれており、銅含有量の増加に伴って銅相の連続性が向上します。製造プロセスは材料構造に大きな影響を与えます。粉末冶金法は、モリブデンと銅の粉末を混合し、加圧焼結することで組成比を正確に制御できるため、高密度モリブデン銅板の製造に適しています。熔融浸透法は、多孔質のモリブデン骨格に液体銅を浸透させるため、銅含有量の高い材料に適して

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

いますが、プロセス制御要件が高くなります。ホットプレス焼結法は、高温高压下で直接成形するため、高性能要件に適していますが、コストが高くなります。プロセスの違いにより、粒子サイズ、相分布、界面結合強度に違いが生じ、材料特性に影響を与えます。

1.3 材料科学におけるモリブデン銅板の重要性

モリブデン銅板は、材料科学および工学分野において重要な価値を有しています。特に、熱管理分野におけるその性能は傑出しています。電子機器の高出力密度化と小型化が進むにつれ、熱管理は性能と寿命を左右する重要な要素となっています。モリブデン銅板は優れた熱伝導性と、セラミック材料（アルミナや窒化ケイ素など）に近い熱膨張係数を有しており、電子パッケージ、パワー半導体デバイス（IGBT、MOSFET など）、マイクロ波デバイス、レーザーヒートシンクなどに最適な材料となっています。モリブデン銅板は熱を効果的に伝導し、熱応力による界面の割れを低減することで、デバイスの信頼性と寿命を向上させます。高性能電子デバイス分野において、モリブデン銅板は優れた導電性と熱伝導性を有し、5G 通信機器や新エネルギー自動車用パワーモジュールの中核材料として注目されています。その調整可能な性能は、様々なデバイス設計要件に対応し、電子デバイスの高性能化・小型化を推進します。さらに、モリブデン銅板は高い融点と耐腐食性を有しており、原子力産業の高温炉の熱交換部品や航空宇宙ジェットエンジンの高温部品など、過酷な環境下においても大きな優位性を発揮し、過酷な条件下でも高い信頼性と安定性を発揮します。

モリブデン銅板は、複合材料の設計・製造技術の進歩にも貢献しています。界面最適化、微細構造制御、新たな製造プロセスの探求は、モリブデン銅板の性能向上だけでなく、他の金属系複合材料（タングステン銅、アルミニウムシリコンなど）の開発に理論的・実践的な参考資料を提供し、多機能材料設計概念の学際的な統合を促進しました。さらに、モリブデン銅板の製造プロセスは成熟しており、原料のモリブデンと銅は豊富でリサイクル可能であり、コストが比較的安く、経済性と持続可能性が高いため、大規模生産・応用に適しています。まとめると、モリブデン銅板は、その独特な熱電特性、機械特性、そして調整可能性により、熱管理、高性能電子機器、そして極限環境用途において重要な役割を果たしています。その研究と応用は、現代産業の高性能材料に対するニーズを満たすだけでなく、材料科学の革新的発展を促進しています。技術の進歩に伴い、モリブデン銅板の性能最適化と応用分野はさらに拡大し、科学技術と産業の発展に重要な支援を提供します。



CTIA GROUP LTD モリブデン銅板の写真

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

第2章 モリブデン銅板の材料特性

2.1 モリブデンと銅の基本特性

モリブデンと銅はモリブデン - 銅複合材料の主成分であり、それぞれの物理的および化学的特性が複合材料の性能を決定します。モリブデンは、融点が約 2623°C の高融点遷移金属です。耐高温性と耐腐食性に優れています。熱膨張係数が低い (25°C で約 $4.8 \times 10^{-6}/K$) ため、高温環境でも寸法安定性を維持できます。モリブデンは強度が高いですが、電気伝導率 (約 18% IACS) と熱伝導率 (約 $138 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) は比較的低いです。銅は、電気伝導率 (100% IACS に近い) と熱伝導率 (約 $401 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) が高いことで知られています。融点は 1085°C であり、熱管理や電気伝送に最適な材料ですが、熱膨張係数が高く (25°C で約 $16.5 \times 10^{-6}/K$)、高温になると強度が低下します。

モリブデンと銅は原子レベルで完全には溶解せず、二相構造を形成します。モリブデンは骨格を形成し、構造的な支持と耐熱性を提供します。銅は細孔を埋め、熱伝導性と電気伝導性を備えたネットワークを形成します。この相補性により、モリブデン銅板は熱伝導性、電気伝導性、機械特性のバランスを実現し、電子機器、航空宇宙などの分野のニーズを満たします。

2.2 モリブデン銅板の密度

モリブデン銅板の重要な物理的特性は、材料の重量、熱伝導効率、およびアプリケーションシナリオの適用性に影響を与えます。密度はモリブデンと銅の比率によって決まり、モリブデンの密度 (10.28 g/cm^3) と銅の密度 (8.96 g/cm^3) の間です。モリブデン含有量の高いモリブデン銅板は密度が高く、高温の航空部品など、高強度と耐高温性が求められる用途に適しています。一方、銅含有量の高いモリブデン銅板は密度が低く、機器の軽量化に役立ち、携帯用電子機器や航空宇宙機器の軽量設計に適しています。製造プロセスは密度に大きな影響を与えます。粉末冶金法では、高圧成形と高温焼結により理論密度に近い材料を得ることができ、通常 98% 以上に達します。一方、溶融浸透法では残留気孔の影響で密度が若干低くなる場合があります。密度は熱容量と熱伝導率にも影響を与えます。密度が低いと通常は熱伝導率は高くなりますが、高温安定性が多少犠牲になる場合があります。したがって、密度はモリブデン銅板の設計において考慮すべき重要なパラメータです。

2.3 モリブデン銅板の機械的特性

モリブデン銅板は、硬度、靱性、強度といった特性を備えており、これらは機械的応力や変形条件下での性能を決定します。モリブデンの高い強度と銅の延性が相まってモリブデン銅板の機械的特性を形成し、具体的な特性は組成比や製造プロセスによって異なります。

2.3.1 モリブデン銅板の硬度

硬度はモリブデン銅板の局所的な変形や摩耗に対する耐性を反映しており、通常はピッカース硬度 (HV) で測定されます。モリブデンの高い硬度 (約 230~250 HV) は、複合材料に優

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

れた耐摩耗性をもたらします。一方、銅の低い硬度（約 50～70 HV）は、銅含有量の高い材料に高い柔軟性をもたらします。モリブデン含有量の多いモリブデン銅板（Mo85Cu15 など）は硬度が高く、モリブデンの硬度に近いため、耐摩耗性が求められる電子パッケージ用放熱基板に適しています。一方、銅含有量の多いモリブデン銅板は硬度は低くなりますが、延性が優れているため、ある程度の柔軟性が求められる用途に適しています。ホットプレス焼結法は、高温高压下で密度と硬度を高めます。粉末冶金法では焼結が不十分だと、気孔の存在により硬度が低下する可能性があります。モリブデン銅板の硬度により、機械加工や組み立ての応力に耐え、高温でも表面の完全性を維持できます。

2.3.2 モリブデン銅板の靱性

靱性とは、モリブデン銅板がエネルギーを吸収し、破壊に抵抗する能力を指し、動的荷重や衝撃環境下における重要な性能です。純粋なモリブデンは靱性が低く脆いのに対し、銅は優れた延性と靱性を備えています。モリブデン銅複合材料は、銅を添加することで全体的な靱性を向上させ、脆性破壊を防止します。銅含有量の高いモリブデン銅板（Mo60Cu40 など）は優れた靱性を備え、耐衝撃性が求められる熱管理用途に適しています。一方、モリブデン含有量の高い材料（Mo85Cu15 など）は靱性は低くなりますが、強度が高く、高強度要件に適しています。モリブデン銅板は、銅相が均一に分布しているため、通常、粉末冶金製品よりも靱性に優れています。靱性には界面接合品質が極めて重要です。良好なモリブデン銅界面は、応力を効果的に伝達し、亀裂の伝播を抑制します。モリブデン銅板の靱性により、航空宇宙産業や高振動環境における衝撃や繰り返し荷重にも耐えることができ、耐用年数を延ばすことができます。

2.3.3 Mo-Cu シートの延性

延性は、モリブデン銅板が応力を受けても破損することなく塑性変形する能力を示し、加工や用途における複雑な形状や変形要件に適応するための重要な特性です。モリブデンは延性が低く脆いのに対し、銅は優れた延性（伸び率は 40%～50%に達する）を有し、伸張や曲げ加工時に大きな変形エネルギーを吸収します。

モリブデン銅複合材料は、主に銅含有量の影響を受けます。銅含有量の多いモリブデン銅板（Mo60Cu40 など）は延性が良好で、大きな塑性変形に耐えることができます。これらは、成形加工を必要とする電子パッケージングや熱管理部品に適しています。一方、モリブデン含有量の多いモリブデン銅板（Mo85Cu15 など）は延性が低く、より剛性の高い構造になる傾向があり、高強度が求められるシナリオに適しています。製造プロセスも延性に影響します。溶融浸透法は、均一に分散した銅相によって延性を向上させることができますが、粉末冶金法では、気孔があったり界面の結合が不良だと延性が低下する可能性があります。モリブデン銅板の延性により、複雑な形状の放熱基板や航空宇宙部品を製造する際の加工上の利点が得られ、また、周期的な荷重下での脆性破壊のリスクも低減できます。

2.3.4 モリブデン銅板の機械的強度

機械的強度とは、モリブデン銅板が外部からの損傷に耐える能力を指し、通常は引張強度また

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

は降伏強度で特徴付けられ、構造用途における重要な性能です。モリブデンは引張強度が高く（処理状態によって約 600～800 MPa）、複合材料に強固な機械的支持を提供します。一方、銅は引張強度が低い（約 200～250 MPa）ですが、材料の延性を向上させるのに役立ちます。モリブデン含有量の高いモリブデン銅板（Mo85Cu15 など）は機械的強度が高く、モリブデンの強度レベルに近い場合、高応力の航空宇宙用高温部品や電子デバイスの基板に適しています。

銅含有量の高いモリブデン銅板（Mo60Cu40 など）は強度は低くなりますが、より柔軟性が高く、ある程度の変形が必要な用途に適しています。ホットプレス焼結法は材料の密度を高めることで機械的強度を大幅に向上させることができますが、粉末冶金法では焼結が不十分な場合、気孔による強度低下が生じる可能性があります。モリブデン銅板の機械的強度は、電子パッケージングにおける組み立てストレスに耐え、高温環境下でも構造安定性を維持し、高い信頼性要件を満たすことを可能にします。

2.3.5 モリブデン銅板の疲労抵抗

疲労抵抗は、モリブデン銅板が周期的な荷重下での亀裂の発生と拡大に抵抗する能力を反映しており、動的環境または振動環境における重要な特性です。純粋なモリブデンは疲労抵抗が低く、周期的な応力下では微小亀裂が発生しやすいのに対し、銅は延性と韌性に優れているため、周期的な応力を吸収し、疲労寿命が向上します。モリブデン銅複合材料の疲労抵抗は、銅含有量の増加に伴って向上します。

銅含有量の高いモリブデン銅板（Mo60Cu40 など）は、周期的な荷重下での疲労寿命が長く、航空宇宙機器の熱管理部品などの高振動環境に適しています。モリブデン含有量の高いモリブデン銅板（Mo85Cu15 など）は疲労抵抗が若干劣りますが、強度が高いため、より高い応力振幅に耐えることができます。製造プロセスは疲労抵抗に大きな影響を与えます。溶融浸透法で製造されたモリブデン銅板は、均一な銅相分布と良好な界面接合により、亀裂の拡大を効果的に抑制します。一方、粉末冶金法では、微細孔や界面欠陥が存在すると疲労破壊が促進される可能性があります。モリブデン銅板の耐疲労性は、パワー半導体デバイスや航空宇宙用高温部品における長期繰り返し荷重に耐え、長期的な信頼性を確保します。

2.4 モリブデン銅板の化学的性質

モリブデン銅板は、耐食性、耐酸化性、耐酸性、耐アルカリ性など、過酷な化学環境における安定性と耐用年数を左右する特性を備えています。モリブデンと銅の化学的性質は大きく異なります。モリブデンは優れた耐食性・耐酸化性を有するのに対し、銅は特定の環境下では酸化・腐食しやすい傾向があります。モリブデン銅複合材料の化学的性質は、二相構造の相乗効果によって最適化されており、その具体的な性能は組成比、微細構造、製造プロセスによって左右されます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.4.1 モリブデン銅板の耐食性

耐食性は、モリブデン銅板が腐食性媒体（湿気、塩水噴霧、化学ガスなど）との接触時に表面侵食や性能低下に抵抗する能力を反映しています。モリブデンは優れた耐食性を持ち、特に非酸化性酸や塩水など、さまざまな化学環境で安定した状態を維持できます。銅は耐食性が弱く、特に湿気や塩素を含む環境では電気化学的腐食が発生しやすいです。モリブデン - 銅複合材料の耐食性は、主にモリブデン相によって支配されています。モリブデン含有量の高いモリブデン銅板（Mo85Cu15 など）は、腐食性環境で優れた安定性を示し、航空宇宙機器や海洋環境の熱管理部品に適しています。銅含有量の高いモリブデン銅板（Mo60Cu40 など）は耐食性がやや劣り、高湿度や塩水噴霧環境では銅相腐食が発生する可能性があります。製造プロセスは耐食性に一定の影響を与えます。ホットプレス焼結法は、密度を高め、気孔を減らすことで腐食性媒体の浸透を低減します。一方、粉末冶金法では、微細気孔が存在する場合、局部腐食が促進される可能性があります。モリブデン銅板は耐腐食性が高いため、電子パッケージングや高温環境下でも長期間性能を維持し、デバイスの寿命を延ばします。

2.4.2 モリブデン銅板の抗酸化特性

耐酸化性能とは、モリブデン銅板が高温または酸素を含む環境において酸化反応および表面酸化に耐える能力を指します。モリブデンは酸素と容易に反応し、揮発性酸化物（MoO など）を生成します。モリブデン銅は高温（約 600°C以上）で高い酸化安定性を示しますが、酸化速度は遅く、モリブデン銅複合材料中の銅相の分布により、モリブデンの酸化傾向を部分的に緩和できます。銅は室温で緻密な酸化銅（Cu₂O）保護層を形成し、一定の耐酸化性を備えています。高温（約 300°C以上）ではさらに酸化されて遊離酸化物（CuO）を形成しやすく、性能が低下します。モリブデン含有量の高いモリブデン銅板（Mo85Cu15 など）は、高温での耐酸化性が良好で、高温航空宇宙部品やパワー半導体放熱基板に適しています。銅含有量の高いモリブデン銅板（Mo60Cu40 など）は、高温酸化環境での性能がわずかに劣るため、高温酸素含有環境に長期間さらされることを避ける必要があります。

表面処理（ニッケルメッキや金メッキなど）や製造工程の最適化（ホットプレス焼結による密度向上など）により、耐酸化性が大幅に向上し、酸化物の生成を抑えることができます。モリブデン銅板の耐酸化性により、高温の電子機器や産業環境において構造的・機能的な安定性を維持できます。

2.4.3 モリブデン銅板の耐酸性および耐アルカリ性

耐酸性および耐アルカリ性は、モリブデン銅板の酸性またはアルカリ性環境における化学的安定性を反映しており、化学処理や特定の工業環境において重要な特性です。モリブデンは非酸化性酸（塩酸や硫酸など）に対して優れた耐食性を示しますが、強酸化性酸（硝酸など）に対しては容易に腐食されます。銅はほとんどの酸性環境に敏感で、特に酸化性酸には溶解しますが、弱アルカリ性環境では比較的安定しています。モリブデン銅複合材料は、モリブデン含有量が高いため、耐酸性および耐アルカリ性が向上します。モリブデン含有量の高いモリブデ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ン銅板（Mo85Cu15 など）は、非酸化性の酸および弱アルカリ環境において優れた安定性を示し、化学産業における熱管理部品に適しています。一方、銅含有量の高いモリブデン銅板（Mo60Cu40 など）は、酸性環境における耐腐食性が低いため、強酸との接触を避ける必要があります。製造工程は耐酸性および耐アルカリ性に影響を与えます。溶融浸透法は銅相の均一な分布により局部腐食のリスクを低減できます。粉末冶金法では気孔が存在すると、酸やアルカリの媒体が浸透し、腐食が促進される可能性があります。モリブデン銅板は耐酸性および耐アルカリ性を備えているため、電子機器製造や化学環境において特定の用途要件を満たす性能を維持できます。

2.5 モリブデン銅板の熱特性

モリブデン銅板は、熱伝導率、熱拡散率、熱膨張挙動、熱安定性、耐高温性といった優れた特性を備えており、熱管理、高温用途、電子機器における主要な利点となっています。モリブデンと銅の熱特性は互いに補完し合い、銅は高い熱伝導率を、モリブデンは低熱膨張と高温安定性を提供するため、モリブデン銅板は電子パッケージング、航空宇宙、エネルギー分野における理想的な熱管理材料となっています。熱特性は、モリブデンと銅の比率、微細構造、および製造プロセスに大きく影響されます。

2.5.1 熱伝導率と熱拡散率

熱伝導率と熱拡散率は、モリブデン銅板の熱伝導能力を測定する上で重要なパラメータであり、放熱と熱管理の性能に直接影響します。銅は熱伝導率が非常に高く（約 401 W/m·K）、優れた熱伝導体ですが、モリブデンは熱伝導率が低いです。

モリブデン銅複合材料の熱伝導率は、銅含有量の増加とともに増加します。銅含有量の多いモリブデン銅板（Mo60Cu40 など）は熱伝導率が高く、200～250 W/m·K に近いため、パワー半導体デバイスやマイクロ波デバイスの放熱基板に適しています。モリブデン含有量の多いモリブデン銅板は熱伝導率が低く、約 150～180 W/m·K ですが、多くの従来の材料よりも優れており、強度と熱伝導率の両方が必要なシナリオに適しています。熱拡散率は、材料が熱をすばやく伝導する能力を反映しており、熱伝導率と密度に関連しています。銅含有量の多いモリブデン銅板は熱拡散率が高く、熱をすばやく放散するのに役立ちます。製造プロセスは熱伝導率に大きな影響を与えます。ホットプレス焼結法は、密度を高めることで熱伝導効率を高めます。粉末冶金法では、気孔があると熱伝導率が低下する可能性があります。モリブデン銅板は優れた熱伝導率と熱拡散率を備えているため、高出力電子機器の熱を効果的に管理し、機器の性能と寿命を向上させることができます。

2.5.2 熱膨張挙動と安定性

熱膨張挙動と安定性は、モリブデン銅板の温度変化時の寸法変化の度合いと構造安定性を反映しており、これらは熱サイクル環境での応用にとって重要な特性です。モリブデンは熱膨張

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

係数が低く（25°Cで約 $4.8 \times 10^{-6} / \text{K}$ ）、温度による変形に効果的に抵抗できます。一方、銅は熱膨張係数が高く（25°Cで約 $16.5 \times 10^{-6} / \text{K}$ ）、熱応力が生じやすいです。モリブデン銅複合材料の熱膨張係数は両者の間で、モリブデン含有量が増加するにつれて低くなります。モリブデン含有量の多いモリブデン銅板（Mo85Cu15 など）の熱膨張係数は $5-7 \times 10^{-6} / \text{K}$ に近く、セラミック材料（アルミナや窒化ケイ素など）と一致し、電子パッケージングにおける熱応力による界面の亀裂の低減に適しています。銅含有量の多いモリブデン銅板（Mo60Cu40 など）は、熱膨張係数が約 $8 \sim 10 \times 10^{-6} / \text{K}$ と高く、熱膨張に対する要件がそれほど厳しくない放熱用途に適しています。熱膨張の安定性は微細構造にも影響されます。モリブデンと銅の界面が均一で高密度な構造は、熱応力の集中を軽減します。ホットプレス焼結法は界面結合を最適化することで熱膨張の安定性を高めますが、粉末冶金法では欠陥があると局所的な応力集中につながる可能性があります。モリブデン銅板は熱膨張が低く安定性が高いため、高温サイクル環境でも構造的完全性を維持し、デバイスの耐用年数を延ばすことができます。

2.5.3 高温耐性

耐高温性は、モリブデン銅板が高温環境下で物理的・化学的安定性を維持する能力を反映しており、航空宇宙、原子力産業、高温電子デバイスにおける重要な特性です。モリブデンの高融点（約 2623°C）は複合材料に優れた耐高温性を与えますが、銅の低融点（1085°C）は、極度の高温下での高銅含有量材料の適用を制限します。モリブデン含有量の高いモリブデン銅板（Mo85Cu15 など）は、600～800°Cの高温でも安定した構造と性能を維持でき、航空宇宙ジェットエンジン部品や原子炉熱交換部品に適しています。銅含有量の高いモリブデン銅板（Mo60Cu40 など）は耐高温性がやや劣るため、銅相の軟化や酸化を避けるため、400°C以下での使用が推奨されます。製造プロセスは耐高温性に重要な影響を及ぼします。ホットプレス焼結法は、密度と界面強度を高めることで高温安定性を向上させます。溶融浸透法では銅相が不均一に分布していると、高温下での性能低下を引き起こす可能性があります。表面処理（ニッケルメッキなど）により、耐高温性をさらに向上させ、高温酸化を抑制することができます。モリブデン銅板の耐高温性は、過酷な熱環境下でも長期間の使用を可能にし、高い信頼性要件を満たします。

2.6 モリブデン銅板の電気特性

モリブデン銅板は、導電性、抵抗特性、電気接触性能、電気化学的安定性といった特性を備えており、電子機器、パワーモジュール、導電性部品への応用において重要な役割を果たします。銅の高い導電性とモリブデンの構造安定性を組み合わせることで、モリブデン銅板は独自の電気特性を有し、高性能電子機器の導電性と信頼性の要件を満たします。電気特性は、モリブデンと銅の比率、微細構造、および製造プロセスによって影響を受けます。

2.6.1 導電率と抵抗特性

導電性と抵抗特性は、モリブデン銅板の電流伝導能力を反映しており、導電性アプリケーションにおける中核的な性能です。銅は導電性が非常に高く（100%IACS に近い、国際軟銅規格）、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

優れた導電材料ですが、モリブデンの導電率は低くなります（約 18%IACS）。モリブデン - 銅複合材料の導電性は、銅含有量の増加に伴って増加します。銅含有量の高いモリブデン銅板（Mo60Cu40 など）は導電性が高く、30~40%IACS に近いため、パワー半導体デバイスやマイクロ波デバイスの導電性基板に適しています。モリブデン含有量の高いモリブデン銅板（Mo85Cu15 など）は導電性が低く、約 20~25%IACS ですが、それでも多くの電子アプリケーションのニーズを満たすのに十分です。

抵抗特性は導電性と直接関係しています。銅含有量の高いモリブデン銅板は抵抗が低く、電力損失と発熱の低減に役立ちます。製造プロセスは導電性に大きな影響を与えます。ホットプレス焼結法は、密度を高め、モリブデン銅界面を最適化することで導電性を向上させることができます。一方、粉末冶金法では、気孔や界面欠陥があると抵抗が増加する可能性があります。モリブデン銅板は優れた導電性と低抵抗特性を備えており、高出力電子機器において電流を効率的に伝導し、エネルギー損失を低減し、機器の性能向上に貢献します。

2.6.2 電気接触性能

電気接触性能とは、モリブデン銅板が電気接触界面（コネクタや電極など）において低い接触抵抗と安定した電気接続を維持する能力を指します。銅は低い接触抵抗と高い導電性を備え、理想的な接触材料です。一方、モリブデンは高い硬度と耐摩耗性を備え、接触界面の機械的安定性を維持します。

モリブデン銅複合材料の性能は、銅含有量の増加に伴って向上します。銅含有量の高いモリブデン銅板（Mo60Cu40 など）は接触抵抗が低く、パワーモジュールの導電基板など、大電流電子機器の電気接続部品に適しています。モリブデン含有量の高いモリブデン銅板（Mo85Cu15 など）は接触抵抗が若干高くなりますが、硬度が高いため、接点の摩耗に強く、長期にわたる安定した接触が求められる用途に適しています。表面処理（銀メッキや金メッキなど）を施すことで、接触抵抗をさらに低減し、耐摩耗性を向上させることができます。製造プロセスは電気接触性能に重要な影響を与えます。熔融浸透法は、均一な銅相分布によって接触界面を最適化できます。粉末冶金法は、微細孔が存在する場合、接触抵抗が増加する可能性があります。モリブデン銅板の電気接触性能は、電子パッケージングやパワーデバイスにおける信頼性の高い電気接続を維持し、接触不良のリスクを低減します。

2.6.3 電気化学的安定性

電気化学的安定性は、モリブデン銅板が電気化学的環境（電解液や湿気のある塩分を含む環境など）における電気化学的腐食に耐える能力を反映しています。モリブデンは耐食性に優れ、非酸化性電解質では良好な性能を発揮しますが、強酸化性環境では腐食する可能性があります。一方、銅は電気化学的安定性が低く、湿気や塩素を含む環境では電気化学的腐食が発生しやすいです。モリブデン - 銅複合材料の電気化学的安定性は、主にモリブデン相によって左右されます。モリブデン含有量の高いモリブデン銅板（Mo85Cu15 など）は、電気化学的環境

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

で良好な安定性を示し、海洋環境や化学産業の導電性部品に適しています。銅含有量の高いモリブデン銅板（Mo60Cu40 など）は電気化学的安定性が弱く、湿度の高い環境や塩水噴霧環境では銅相腐食が発生する可能性があります。製造プロセスは電気化学的安定性に影響を与えます。ホットプレス焼結法は、密度を高め、気孔を減らすことで、電解液の浸透と腐食リスクを低減できます。一方、粉末冶金法では、微細気孔が存在する場合、局所的な電気化学的腐食が促進される可能性があります。表面保護層（ニッケルめっきなど）は、電気化学的安定性を大幅に向上させます。モリブデン銅板の電気化学的安定性により、電気接点および導電性用途において長期間にわたって性能を維持し、デバイス寿命を延ばします。

2.7 モリブデン銅板と他の材料との比較

モリブデン銅板は、熱管理、エレクトロニクス、高温用途において独自の優位性を有しています。他の一般的な材料（純銅、タングステン銅、アルミニウムシリコン、セラミック材料など）と比較して、熱伝導率、熱膨張率、機械的特性、コストの面でバランスの取れた性能を備えています。純銅は熱伝導率（約 401 W/m·K）と電気伝導率（100% IACS）が非常に高いですが、熱膨張係数が高く（25°Cで約 $16.5 \times 10^{-6}/K$ ）、高温強度が低い（約 200~250 MPa）ため、高温環境や熱サイクル環境には適していません。モリブデン銅板（Mo60Cu40 など）は、熱伝導率がやや低い（約 200~250 W/m·K）ものの、熱膨張係数が低く（約 $8 \sim 10 \times 10^{-6}/K$ ）、高温安定性に優れているため、電子パッケージングに適しています。タングステン銅複合材の熱伝導率はモリブデン銅（約 180~220 W/m·K）に匹敵しますが、密度が高く（約 15~17 g/cm³、モリブデン銅は 9~10 g/cm³）、コストが高く、加工が難しいという欠点があります。一方、モリブデン銅板は密度が低く、コスト面で有利であり、軽量用途に適しています。アルミニウムシリコン複合材（AlSiC など）は熱伝導率がやや低い（約 150~200 W/m·K）ものの、熱膨張係数はモリブデン銅に近く、重量も軽いため航空宇宙用途に適していますが、機械的強度と耐高温性はモリブデン銅板ほど優れていません。セラミック材料（酸化アルミニウム、窒化シリコンなど）は熱膨張係数が低い（約 $4 \sim 7 \times 10^{-6}/K$ ）ものの、熱伝導性と電気伝導性が低い（酸化アルミニウムは約 20~30 W/m·K）ため、導電性用途には適していません。一方、モリブデン銅板は導電性と熱管理機能の両方を備えています。モリブデン銅板の製造プロセス（粉末冶金法や溶融浸透法など）は比較的成熟しており、原材料のモリブデンと銅は埋蔵量が豊富でリサイクル性が高く、タングステン銅や一部のセラミック材料よりもコストが低いため、エレクトロニクス、航空宇宙、エネルギーの分野で幅広い競争力を持っています。

2.8 CTIA GROUP LTD モリブデン銅板 MSDS

CTIA GROUP LTD モリブデン銅シートは、労働者、緊急対応要員、およびユーザーがその特性、潜在的な危険性、および安全な操作要件を確実に理解できるようにするために、材料の製造、輸送、保管、および使用に関する安全情報を提供するガイダンス文書です。

モリブデン銅板は、モリブデン（CAS 番号：7439-98-7）と銅（CAS 番号：7440-50-8）からなる複合金属材料です。製品名は通常、Mo85Cu15（モリブデン 85%、銅 15%）や Mo60Cu40（モリブデン 60%、銅 40%）など、組成比にちなんで命名されています。主な用途は、電子パッケージ用放熱基板、航空宇宙用熱管理部品、パワーモジュール用導電部品などです。銅相の

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

腐食や酸化を防ぐため、強酸化性酸（硝酸など）や高温酸素含有環境での長期使用は避けてください。

通常の使用条件下では、モリブデン銅板は固体板であり、有害化学物質に分類されませんが、加工工程（切断、研磨、溶接など）で粉塵や金属片が発生し、健康・安全上のリスクが生じる可能性があります。粉塵を吸入すると軽度の呼吸器系への刺激を引き起こし、長期間接触すると肺への不快感を引き起こす可能性があります。金属片が皮膚に接触すると、機械的刺激や切り傷を引き起こす可能性があります。環境面では、モリブデン銅板は不活性物質であり、水質や土壌への重大な汚染を引き起こすことはありませんが、廃棄物は地方自治体の規制に従って処理する必要があります。GHS 分類では有害化学物質ではないとされていますが、加工時には保護対策を講じる必要があります。

応急処置加工中に発生した粉塵や破片については、粉塵を避けるために、影響を受けた場所を隔離し、防塵装置（掃除機など）で清掃する必要があります。収集した材料は密閉容器に入れ、規定に従って取り扱う必要があります。清掃員は防塵マスクと手袋を着用する必要があります。作業中は、換気の良い場所で切断、研磨、溶接を行うことをお勧めします。作業者は、保護メガネ、手袋、防塵マスクを着用する必要があります。モリブデン銅板を保管する場合は、乾燥した涼しい環境に置き、強力な酸化酸や高温の酸素を含む環境との接触を避け、湿気や機械的損傷を防ぐために適切に梱包する必要があります。

暴露管理では、粉塵濃度を職業暴露限界（ACGIH TLV：モリブデン粉塵の場合は 10 mg/m^3 、銅粉塵の場合は 1 mg/m^3 など）未満に保つために、加工エリアに局所排気システムを設置する必要があります。個人用保護具には、N95 以上のグレードの防塵マスク、保護メガネ、耐摩耗性手袋が含まれます。長期暴露の場合は、定期的な健康診断が必要です。モリブデン銅板の物理的および化学的特性は、組成比によって異なります。たとえば、Mo85Cu15 の密度は約 10.0 g/cm^3 、熱伝導率は約 $1.60\text{-}180 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 、熱膨張係数は約 $5\text{-}7 \times 10^{-6} / \text{K}$ です。Mo60Cu40 の密度は約 9.6 g/cm^3 、熱伝導率は約 $2.10\text{-}250 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 、熱膨張係数は約 $10\text{-}11 \times 10^{-6} / \text{K}$ です。この物質は銀灰色の金属固体で、無臭、水に不溶、化学的に安定しています。

通常の条件下では、モリブデン銅板は化学的に安定しており、水、空気、一般的な化学物質とは反応しません。しかし、高温の酸素含有環境では、銅相から酸化銅が、モリブデン相から揮発性酸化物が生成される場合があります。銅相の溶解を防ぐため、強酸化酸との接触は避け、加工粉塵は火気から遠ざける必要があります。毒性学的には、固体モリブデン銅板には顕著な毒性はなく、粉塵は軽度の呼吸器系または皮膚刺激を引き起こす可能性があります。高濃度粉塵を長期間吸入すると、肺に不快感を引き起こす可能性があります。生態学的には、モリブデン銅板は生体蓄積や環境汚染を引き起こさず、廃棄物は中国の「固形廃棄物環境汚染防止法」などの規制に従ってリサイクルまたは処分する必要があります。

モリブデン銅板は危険物ではなく、輸送に際して特別な要件はありませんが、機械的損傷を防ぐため、MSDS を添付した頑丈な木箱またはプラスチック容器を用いて適切に梱包する必要があります。規制面では、中国の「危険化学品安全管理条例」および国際 GHS 基準に準拠し、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

労働安全衛生規制にも適合する必要があります。輸出品は EU の REACH 規則および RoHS 指令の要件を満たしています。



CTIA GROUP LTD モリブデン銅板の写真

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

第3章 モリブデン銅板の分類

3.1 ブランドによる分類（代表例）モリブデン銅板

モリブデン銅板の分類は、主にモリブデン（Mo）と銅（Cu）の組成比、すなわち質量または体積率に基づいて行われます。グレードによって異なる性能特性が異なり、電子機器、航空宇宙、熱管理、導電性用途の多様なニーズに対応します。グレード名は通常、モリブデンと銅の含有量で直接示されます。例えば、Mo85Cu15 はモリブデン 85%、銅 15% を意味します。モリブデンと銅の比率を調整することで、熱伝導率、電気伝導率、熱膨張係数、機械的特性を最適化できます。

3.1.1 モリブデン銅

Mo85Cu15 はモリブデン含有量の高いグレードで、モリブデン 85%、銅 15% で構成されています。主な特徴は、高強度、低熱膨張係数、高耐熱性です。密度は約 10.0 g/cm³ で、モリブデンの密度に近いです。熱伝導率は約 160~180 W/m·K、電気伝導率は約 20~25% IACS、熱膨張係数は約 5~7×10⁻⁶/K で、セラミック材料との整合性が非常に高いです。Mo85Cu15 は優れた機械的性質を持ち、ピッカース硬度は約 180~220 HV、引張強度は約 600 MPa で、高応力の用途に適しています。モリブデン含有量が高いため、優れた耐高温性を有し、600~800°C の環境下でも安定して動作します。

耐腐食性と耐酸化性に優れており、航空宇宙分野の高温部品（ジェットエンジンの熱管理部品など）、原子力産業の熱交換器、パワー半導体デバイスの放熱基板などに適しています。Mo85Cu15 は延性と靱性が低く、加工がやや難しいため、高密度化を図るため、ホットプレスと焼結によって製造されることが多く、熱膨張制御と高温安定性に対する要求が厳しい用途に適しています。

3.1.2 モリブデン 80Cu20

銅の比率が比較的バランスのとれたグレードで、モリブデン 80%、銅 20% で、強度、熱伝導率、熱膨張性能のバランスが良好です。密度は約 9.9g/cm³、熱伝導率は約 170~200W/ m·K、電気伝導率は約 25~30% IACS、熱膨張係数は約 6~8×10⁻⁶/K で、セラミック材料と同等ですが、Mo85Cu15 よりわずかに高くなります。

Mo80Cu20 の機械的性質は Mo85Cu15 よりわずかに低く、ピッカース硬度は約 160~200HV、引張強度は約 500~600MPa です。延性と靱性が向上し、一定の加工性能が求められる用途に適しています。耐高温性に優れ、500~700°C の環境下でも安定して動作します。優れた耐食性と耐酸化性を備え、放熱基板、マイクロ波デバイス用ヒートシンク、電子パッケージングにおける航空宇宙構造部品などに適しています。Mo80Cu20 は粉末冶金法または溶融浸透法で製造されます。溶融浸透法は銅の相分布を最適化し、熱伝導率と電気伝導率を向上させるため、熱管理と機械特性に対する包括的な要求が求められる用途に広く使用されています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.1.3 Mo70Cu30

Mo70Cu30 は銅含有量の高いグレードで、モリブデンが 70%、銅が 30% を占めています。主な利点は、高い熱伝導性と高い電気伝導性であり、効率的な熱管理と伝導用途に適しています。密度は約 9.6g/cm³ で銅の密度 (8.96g/cm³) に近く、熱伝導率は約 200~250W/m·K、電気伝導率は約 30~40% IACS、熱膨張係数は約 8~10×10⁻⁶/K で、前の 2 つよりも高くなっています。熱膨張に対する要求がそれほど厳しくないシーンに適しています。Mo70Cu30 の機械的性質は弱く、ピッカース硬度は約 120~160 HV、引張強度は約 400~500 MPa ですが、延性と韌性が大幅に向上し、加工や成形が容易なため、複雑な形状のヒートシンクや導電部品の製造に適しています。耐高温性はやや劣り、銅相の軟化や酸化を避けるため、400°C 以下での使用が推奨されます。耐食性、耐酸化性は Mo85Cu15 や Mo80Cu20 よりわずかに低く、5G 通信機器、パワーモジュール、新エネルギー車の熱管理部品に適しています。Mo70Cu30 は、銅相の均一な分布を確保し、熱伝導性と電気接触性能を最適化するために、熔融浸透法で製造されることが多いです。

3.1.4 モリブデン 60 銅 40

モリブデン銅板は銅含有量が高く、モリブデン 60%、銅 40% のグレードです。優れた熱伝導性と導電性を核心特性とし、効率的な熱管理や伝導用途に適しています。密度は約 9.3g/cm³ で銅の密度 (8.96g/cm³) に近く、熱伝導率は約 200~250W/m·K と比較的高く、電気伝導率は約 30~40% IACS、熱膨張係数は約 8~10×10⁻⁶/K で、熱膨張要求が比較的緩いシーンに適しています。Mo60Cu40 は中程度の機械的性質を持ち、ピッカース硬度は約 100~140HV、引張強度は約 350~450MPa です。高モリブデン含有量グレードと比較して、延性と韌性が大幅に向上し、加工性と成形性が向上し、複雑な形状のヒートシンク、導電性基板、またはコネクタの製造に適しています。耐高温性は銅含有量によって制限されます。銅相の軟化や酸化を避けるため、推奨動作温度は 400°C 未満です。耐食性と耐酸化性は高モリブデン含有量グレードよりもわずかに劣りますが、過酷でない化学環境では安定しています。Mo60Cu40 は、5G 通信機器、パワー半導体モジュール、新エネルギー車の熱管理部品に広く使用されており、特に高い熱伝導性と特定の加工性能が求められる場面で使用されています。浸透は一般的な製造プロセスであり、銅相の均一な分布を確保し、熱伝導性と電気接触性能をさらに最適化できます。粉末冶金で製造することもできますが、性能を維持するために高密度を確保する必要があります。

3.1.5 Mo50Cu50

モリブデン銅板は銅含有量が最も高いグレードで、モリブデンと銅がそれぞれ 50% ずつ含まれています。主な利点は、熱伝導率と電気伝導率が非常に高く、純銅の性能に近いことと、一定の機械的強度と熱安定性を保持していることです。密度は約 9.1 g/cm³ で、銅の密度に非常に近いです。熱伝導率は約 220~270 W/m·K、電気伝導率は約 35~45% IACS、熱膨張係数は約 10~12×10⁻⁶/K で、熱膨張制御の要件が低い用途に適しています。Mo50Cu50 の機械的性質は

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

柔軟である傾向があり、ピッカース硬度は約 80～120 HV、引張強度は約 300～400 MPa です。

延性と靱性は純銅に近いので、打ち抜き加工や曲げ加工などの複雑な加工技術に適しています。耐高温性は弱く、銅相が高温で軟化または酸化するのを防ぐため、推奨動作温度は 350°C 未満です。Mo60Cu40 に比べて耐食性と耐酸化性はさらに低下しており、湿気や塩素を含む環境での長期使用は避ける必要があります。Mo50Cu50 は主に、高出力電子機器の放熱基板、マイクロ波機器の導電性部品、新エネルギー車のパワーモジュールなどに用いられています。特に、効率的な熱伝導と電気伝送が求められる用途に適しています。溶融浸透法は、銅相の連続性を最適化し、熱伝導性と電気伝導性を向上させることができる好ましい製造プロセスです。粉末冶金法も使用できますが、安定した性能を確保するためには、気孔を厳密に制御する必要があります。

製造工程別モリブデン銅板

モリブデン銅板は、その性能、微細構造、そして用途シナリオに大きな影響を与えます。主に粉末冶金法と溶融浸透法が用いられます。様々なプロセスは、モリブデンと銅の結合様式と材料密度を制御することで、熱伝導率、電気伝導率、機械的特性、化学的安定性に影響を与えます。以下では、粉末冶金法と溶融浸透法で製造されたモリブデン銅板の特性と用途について詳しく説明します。

粉末冶金法で製造された銅板

粉末冶金法で製造されるモリブデン銅板は、モリブデン粉末と銅粉末を混合し、プレス加工した後、高温焼結することで製造されます。Mo85Cu15、Mo80Cu20、Mo70Cu30 など、さまざまな組成比のモリブデン銅板の製造に適しています。このプロセスでは、まずモリブデン粉末と銅粉末を所定の比率で混合し、冷間プレスまたは熱間プレスでブランクを形成し、次に高温不活性ガス（アルゴン、窒素など）の保護下で焼結することで、銅相を部分的に溶融し、モリブデン粒子間の空隙を埋めて緻密な複合構造を形成します。粉末冶金法で製造されるモリブデン銅板は機械的強度が高く、Mo85Cu15 の引張強度は 500～600MPa に達し、ピッカース硬度は約 180～220HV です。高強度航空宇宙用高温部品や電子パッケージ用放熱基板に適しています。銅含有量の増加に伴い熱伝導率も増加し、例えば Mo70Cu30 では 200～250W/m·K に達します。電気伝導率は約 30～40% IACS です。粉末冶金は原料の割合を正確に制御でき、オーダーメイド生産に適していますが、焼結温度や圧力が不十分な場合、微細孔が発生し、熱伝導率と電気伝導率がわずかに低下する可能性があります。粉末冶金法で製造されたモリブデン銅板は、パワー半導体デバイス、マイクロ波デバイス、熱管理部品などに広く使用されており、特に高強度と高精度な寸法が求められる用途に使用されていますが、加工コストが高く、高性能用途には適していません。

溶融浸透法で製造されたモリブデン銅板

モリブデン銅板は、まず多孔質のモリブデン骨格を作製し、次に溶融銅をモリブデン骨格の細孔に浸透させて複合材料を形成することによって形成されます。Mo60Cu40、Mo50Cu50 など

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

の銅含有量の高いグレードの製造に適しています。このプロセスは、まず粉末冶金技術でモリブデン粉末を圧縮して焼結し、多孔質のモリブデン骨格を形成し、次に高温で熔融銅を骨格の細孔に浸透させ、冷却後に均一な二相構造を形成します。熔融浸透法で製造されたモリブデン銅板は、優れた熱伝導性と電気伝導性を備えています。Mo60Cu40の熱伝導率は200~250 W/m·Kに達し、電気伝導率は約30~40% IACSです。Mo50Cu50は220~270 W/m·K、35~45% IACSに近く、5G通信機器や新エネルギー車のパワーモジュールなどの効率的な熱管理および導電性アプリケーションに適しています。その機械的特性は粉末冶金製品よりもわずかに低いです。Mo60Cu40の引張強度は約350~450 MPa、ビッカース硬度は約100~140 HVですが、延性と靱性が優れているため、複雑な形状の加工が容易です。熔融浸透法は、均一な銅相の分布により熱伝導性と電気接触性能を最適化しますが、モリブデン骨格の多孔度が適切に制御されていない場合、局所的な銅相の不均一性を招き、性能の安定性に影響を与える可能性があります。熔融浸透法で製造されたモリブデン銅板のコストは比較的安く、大量生産に適しており、電子放熱器や導電性基板に広く使用されています。

3.3 モリブデン銅板の用途分野による分類

モリブデン銅板は、応用分野における様々なニーズに応じて、汎用タイプとその他の特殊用途タイプ（航空宇宙用途や電子パッケージ用途など）に分類されます。応用分野の分類は、材料特性と使用シナリオのマッチングに基づいています。汎用モリブデン銅板は、そのバランスの取れた性能により、様々な業界で広く使用されています。以下では、汎用モリブデン銅板の特性と用途について詳しく説明します。

3.3.1 一般的なモリブデン銅板

汎用モリブデン銅板は、各業界のニーズを満たす標準化された製品であり、通常、Mo80Cu20、Mo70Cu30、Mo60Cu40などのグレードが含まれます。熱伝導率、電気伝導率、機械特性、熱膨張特性がバランスよく、電子、通信、エネルギー、工業分野に適しています。密度範囲は9.3~9.8 g/cm³、熱伝導率は約170~250 W/m·K、電気伝導率は約25~40% IACS、熱膨張係数は約6~10×10⁻⁶/Kで、セラミックスや半導体材料（アルミナ、窒化ケイ素など）とよく適合します。汎用モリブデン銅板の機械的性質は中程度で、引張強度は約350~600 MPa、ビッカース硬度は約100~200 HVです。延性と靱性は、切断や打ち抜きなどの従来の加工に十分対応できます。耐高温性は400~700°Cの作業環境に対応でき、耐腐食性と耐酸化性は非過酷な環境では安定しています。汎用モリブデン銅板は、粉末冶金法または熔融浸透法で製造されます。熔融浸透法は、熱伝導率を最適化するために銅含有量の高いグレードに適しており、粉末冶金法は高強度要件に適しています。代表的な用途としては、電子パッケージの放熱基板、通信機器のヒートシンク、パワーモジュールの導電部品、新エネルギー車の熱管理部品などがあります。汎用モリブデン銅板は、柔軟性とコスト効率に優れているため、熱管理および伝導用途に最適な材料であり、民生用電子機器から産業機器まで、あらゆるニーズに対応しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.3.2 高周波モリブデン銅板

高周波モリブデン銅板は、高周波電子機器向けに設計されており、マイクロ波、無線周波数、通信機器の高伝導性、低熱膨張性、優れた熱管理のニーズを満たすことに重点を置いています。効率的な電気伝送と熱伝導を確保するために、通常、Mo60Cu40 や Mo50Cu50 などの銅含有量の高いグレードが選択されます。その熱伝導率は約 200~270 W/m·K、電気伝導率は約 30~45% IACS で、高周波信号伝送におけるエネルギー損失と熱蓄積を効果的に低減できます。その熱膨張係数は約 $8\sim 12\times 10^{-6}/K$ で、高周波デバイスのセラミックスや半導体材料（窒化アルミニウムなど）に適しています。

高周波モリブデン銅板は中程度で、引張強度は約 300~450MPa、ピッカース硬度は約 80~140HV、延性が良好で、マイクロ波装置のヒートシンクやアンテナ基板などの複雑な形状の加工に対応しています。耐熱性は銅含有量によって制限され、銅相の酸化を避けるため、推奨動作温度は 400°C未満です。耐食性と電気化学的安定性は従来環境で良好で、5G 通信基地局、レーダーシステム、衛星通信機器に適しています。主な準備プロセスは浸透であり、均一な銅相分布により電気伝導性と熱伝導性が最適化されます。粉末冶金は高精度部品の製造にも使用できます。表面処理（銀メッキなど）は、接触抵抗をさらに低減し、高周波性能を向上させるためによく使用されます。高周波モリブデン銅板は、RF 電力増幅器、マイクロ波集積回路、通信モジュールで広く使用されており、信号の整合性と熱安定性を確保しています。

3.3.3 航空宇宙用モリブデン銅板

航空宇宙用モリブデン銅板は、航空宇宙分野の過酷な環境向けに特別に設計されており、高強度、低熱膨張、優れた耐高温性を備えています。通常、高温・高応力条件に対応するため、Mo85Cu15 や Mo80Cu20 など、モリブデン含有量の高いグレードが選択されます。密度は約 9.8~10.0 g/cm³、熱伝導率は約 150~200 W/m·K、電気伝導率は約 20~30% IACS、熱膨張係数は約 $5\sim 8\times 10^{-6}/K$ であり、セラミック材料との適合性が高く、熱サイクルにおける界面応力を低減します。航空宇宙用モリブデン銅板は、優れた機械的性質を持ち、引張強度は約 500~600MPa、ピッカース硬度は約 160~220HV で、機械的負荷や振動に耐えるのに適しており、耐高温性に優れ、600~800°Cの環境で安定して動作し、耐酸化性と耐腐食性が強く、航空宇宙機器の過酷な化学環境に適しています。

ホットプレスと焼結が主な製造プロセスであり、高密度と界面強度を確保し、特定の部品には溶融浸透も使用してコストと性能のバランスをとることができます。航空宇宙用モリブデン銅板は、ジェットエンジンの熱管理部品、衛星ヒートシンク、宇宙船の電源モジュールなどに広く使用されています。高温、高振動、真空環境でも性能を維持し、機器の信頼性と長寿命を確保します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.3.4 光电变换素子型モリブデン銅板

光電子デバイス用モリブデン銅板は、光電子デバイス（レーザー、LED、光通信モジュールなど）向けに設計されており、高い熱伝導率、低い熱膨張率、電気接触性能などの要件を満たすことに重点を置いています。熱伝導率と熱膨張率のマッチングバランスをとるために、通常、Mo70Cu30 または Mo60Cu40 グレードが選択されます。熱伝導率は約 200~250 W/m·K、電気伝導率は約 30~40%IACS です。熱を素早く放散し、光電子デバイスを熱損傷から保護します。熱膨張係数は約 $8\sim 10\times 10^{-6}/K$ で、光電子材料（ガリウムヒ素、窒化ケイ素など）とよく適合し、熱応力によるデバイス故障を低減します。光電子デバイス用モリブデン銅板の機械的特性は中程度で、引張強度は約 350~500MPa、ビッカース硬度は約 100~160HV です。延性は精密加工に対応し、小型放熱基板や電極の製造に適しています。耐高温性は中程度で、推奨動作温度は 400°C以下です。耐腐食性と電気化学的安定性は、従来の環境における光電子デバイスのニーズを満たしています。



CTIA GROUP LTD モリブデン銅板の写真

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

第4章 モリブデン銅板の製造技術

4.1 粉末冶金技術によるモリブデン銅板の製造

モリブデン銅板を製造する主要なプロセスの一つです。Mo85Cu15、Mo80Cu20、Mo70Cu30 など、様々な組成比のモリブデン銅板の製造に適しています。モリブデンと銅の粉末の混合、加圧、焼結工程を精密に制御することで、優れた機械的特性、熱伝導性、導電性を実現します。この技術は、金属粉末を高密度複合材料に加工することで、電子実装、航空宇宙、熱管理などのニーズに対応します。

4.1.1 粉末冶金技術のプロセスフロー

モリブデン銅板の製造には、粉末の準備、混合、プレス、焼結、後処理のステップが含まれます。

まず、高純度モリブデン粉末（純度は通常 99.95%以上）と銅粉末（純度は通常 99.9%以上）を選別し、均一な粒子径を確保して混合効果を高めるためにふるい分けを行います。粉末は、目標比率（Mo85Cu15 や Mo70Cu30 など）に応じて機械式混合装置で均一に混合されます。また、プレス性能を向上させるために、少量の潤滑剤（ステアリン酸など）が添加されることがよくあります。混合された粉末は、冷間プレスまたは静水圧プレス技術によって金型でプレスされ、通常 100~300MPa の圧力で一定の強度を持つ成形体を形成します。その後、成形体は高温焼結炉（温度範囲 1000~1400°C）で不活性ガス（アルゴン、窒素など）または水素の保護下で焼結され、銅相が部分的に溶融してモリブデン粒子間の空隙を満たし、緻密なモリブデン-銅複合構造を形成します。焼結時間は、組成と設備条件によって異なりますが、通常 2~6 時間です。焼結モリブデン銅板は、密度をさらに高めるためのホットプレス、またはサイズ要件を満たすための機械加工（切断、穴あけなど）などの後処理が可能です。最終製品は、必要に応じて表面処理（ニッケルメッキ、金メッキなど）を施し、耐酸化性と電気接触性能を向上させることができます。

プロセス全体でモリブデンと銅の比率を正確に制御できるため、航空宇宙用高温部品や電子機器の放熱基板などの高性能アプリケーションに適しています。

4.1.2 粉末冶金技術の利点と限界

粉末冶金技術はモリブデン銅板の製造において大きな利点を有する一方で、一定の限界も存在します。利点としては、モリブデンと銅の比率を正確に制御し、Mo85Cu15 や Mo80Cu20 といった多様なグレードを製造できることが挙げられます。これにより、異なる熱伝導率や電気伝導率（20~40% IACS）の要件を満たすことができます。このプロセスは非常に柔軟性が高く、粉末の粒径、加圧圧力、焼結温度を調整することで材料特性を最適化できます。例えば、Mo85Cu15 の引張強度は 500~600MPa に達し、高強度用途に適しています。粉末冶金は高密度（通常、理論密度の 98% 以上）も実現でき、優れた機械的特性と熱伝導効率を保証するため、電子パッケージングや航空宇宙分野に適しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

さらに、この技術は小ロットのカスタマイズ生産に適しており、電子レンジ用ヒートシンクなど、形状が複雑な部品を製造できます。制約の面では、粉末冶金の生産コストは比較的高く、高純度粉末、精密金型、高温焼結装置の準備が必要で、エネルギー消費量と設備メンテナンスコストが高いという問題があります。焼結プロセスが適切に制御されていない場合、微細孔や界面結合が不良になり、特に銅含有量の高いグレード（Mo60Cu40 など）では熱伝導率と電気伝導率が低下する可能性があります。粉末冶金では粉末の品質に対する要件が厳しく、不純物や粒子サイズの不均一性が材料の一貫性に影響を与える可能性があります。さらに、焼結プロセスは不活性または還元雰囲気で行う必要があり、プロセスの複雑さが増します。他の方法と比較して、粉末冶金は高性能モリブデン銅板の製造に広く適用できますが、コストと性能のバランスを取る必要があり、高精度で高信頼性のシナリオに適しています。

4.2.1 溶融浸透のプロセスフロー

モリブデン銅板の製造には、いくつかの重要なステップがあります。まず、モリブデン板と銅源を準備します。モリブデン板は通常、使用前に表面の酸化物や不純物を取り除くために洗浄する必要があり、これにより溶融浸透プロセス中の銅とモリブデンの良好な接合が確保されます。銅源は通常、銅粉または銅合金粉です。選択された銅粉は、溶融後にモリブデン板の細孔によく浸透できるように、適切な粒子サイズを持っています。次に、洗浄されたモリブデン板と銅源を高温炉に入れて加熱します。温度を徐々に銅の融点まで上げ、銅を完全に溶かします。溶融銅液は毛細管現象によってモリブデン板の細孔や微細亀裂に浸透し、モリブデン銅複合材料の基礎を形成します。溶融浸透工程では、温度と時間の管理が非常に重要です。温度が高すぎたり、浸透時間が長すぎたりすると、銅の浸透が過剰になり、モリブデン銅板の物理的特性に影響を与える可能性があります。そのため、この工程では、溶融浸透温度を 1,100°C～1,200°C の範囲に制御し、銅の浸透深さと均一性を確保することが非常に重要です。

銅液がモリブデン板の細孔に完全に浸透すると、システム全体が冷却段階に入ります。冷却プロセス中、銅とモリブデンの組み合わせは徐々に安定し、固体複合材料を形成します。このとき、急速冷却は材料に内部応力を引き起こし、機械的特性に影響を与える可能性があるため、冷却速度の制御も非常に重要です。室温まで冷却した後、モリブデン銅板の形状とサイズは基本的に固定されます。最後に、最終的なモリブデン銅板の表面品質と寸法精度を確保するために、通常は後処理が必要です。後処理手順には、表面の余分な銅の除去、材料の研削および研磨などが含まれ、モリブデン銅板の平滑性と寸法精度が向上します。必要に応じて、熱処理を施してモリブデン銅板の機械的特性と熱伝導性をさらに向上させることもできます。

4.2.2 浸透法の利点と限界

溶融浸透法には大きな利点があります。まず、プロセス効率が高く、銅とモリブデンを短時間で複合化して安定した複合材料を形成できます。溶融浸透プロセスは銅の浸透深さと分布を正確に制御できるため、複合材料の様々な特性、特に熱伝導率、導電性、耐高温性などを効果的に最適化できます。溶融浸透法は適応性が高く、さまざまな産業ニーズに応じて銅含有量を調整することで、さまざまな特性を持つモリブデン銅板を製造できます。さらに、溶融浸透法

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

は大規模生産に適しており、産業用途の要件を満たすことができます。特に、高周波電子機器、航空宇宙、高出力電気部品への使用に適しています。

しかし、浸透法にもいくつかの限界があります。まず、浸透工程中の温度制御が非常に重要です。温度が高すぎたり、浸透時間が長すぎたりすると、銅の浸透が過剰になり、モリブデン板の構造が破壊され、材料の性能に影響を与える可能性があります。次に、銅の浸透深さを適切に制御しないと、凹凸が生じ、複合材料の性能が不安定になる可能性があります。さらに、浸透工程中に銅が揮発したり、過度に浸透したりすると、材料の無駄が発生し、生産コストが増加します。さらに、このプロセスは設備に対する要件が高く、高温炉と精密な温度制御システムが必要であり、設備投資と操作の難易度が増加します。そのため、浸透法は生産効率が高いですが、プロセスと設備の制御に対する要件は非常に厳しいです。

4.3 モリブデン銅板の製造における 3D プリント技術の応用

3D プリンティング技術は、モリブデン銅板の製造に新たな可能性をもたらし、特に複雑な形状やカスタマイズ生産において大きな可能性を秘めています。従来の鋳造、焼結などのプロセスとは異なり、3D プリンティングはモリブデン銅粉末を精密に溶融し、レーザー溶融や電子ビーム溶融などの技術を用いて層ごとに積層することで、複雑な幾何学的形状や微細構造を作り出す層状積層法を採用しています。このプロセスにより、設計要件に応じて各層の材料組成と構造を正確に制御できるため、モリブデン銅複合材料の性能を精密に制御できます。

3D プリントプロセスでは、まずモリブデン粉末と銅粉末を混合する必要があります。通常はモリブデン粉末と銅粉末の複合粉末を使用します。プリントプロセスでは、レーザーまたは電子ビームによって粉末が融点まで加熱され、溶融したモリブデン銅混合物がプリントプラットフォーム上に層状に積み重ねられ、徐々に三次元構造を形成します。3D プリント技術の高い柔軟性により、複雑な形状と精密な構造を持つモリブデン銅板を製造でき、特に高度なカスタマイズが求められる小ロット生産に適しています。

3D プリント技術の主な利点の一つは、材料の分布を精密に制御できるため、材料全体の性能が向上することです。従来の方法と比較して、3D プリントは材料の節約、生産効率の向上、廃棄物の削減に優れており、特に複雑な構造と高精度が求められる用途に適しています。さらに、3D プリント技術は製造工程中に材料の組成と構造をリアルタイムで調整できるため、モリブデン銅板の設計の柔軟性が向上します。

しかし、3D プリント技術にはいくつかの限界もあります。第一に、印刷プロセスの柔軟性は高いものの、特に大規模生産においては印刷速度が比較的遅く、従来の製造プロセスに匹敵しない可能性があります。第二に、3D プリントに使用する機器は高価で、高度な操作スキルが必要です。モリブデン銅複合材料の印刷には高温と精密に制御された環境が必要であるため、機器には高い性能が求められます。さらに、3D プリント後のモリブデン銅板の表面は粗い場合があり、理想的な表面仕上げと寸法精度を実現するには、研削や研磨などの後処理が必要になります。

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

第5章 モリブデン銅板の主な生産設備

5.1 モリブデン銅板粉末冶金技術製造装置

モリブデン銅板の製造において一般的に用いられる方法です。主にモリブデン粉末と銅粉末を混合し、加圧・焼結することで、最終的なモリブデン銅複合材料を形成します。製造プロセス全体を通して、粉末の品質と均一性はモリブデン銅板の性能に極めて重要です。そのため、粉末製造装置は製造プロセスにおいて重要な役割を果たすことになります。

5.1.1 粉末調製装置

粉末冶金技術の第一段階は粉末調製です。一般的な装置にはボールミルやアトマイザーなどがあり、モリブデンや銅の原料を細かく均一な粉末に加工するために使用されます。粉末の品質は、その後のモリブデン銅板の製造に直接影響するため、適切な粉末調製装置を選択することが非常に重要です。

5.1.1.1 ボールミル

粉末冶金技術分野において、ボールミルは中核的な粉末調製設備として、その高効率で安定した性能により、モリブデン銅複合材料の製造において重要な位置を占めています。モリブデン銅複合材料は、モリブデンの高い融点と低い膨張特性と、銅の高い導電性と良好な熱伝導性を兼ね備えています。電子実装や航空宇宙などのハイエンド分野で広く使用されており、ボールミルは原料粉末の微細加工を実現するための重要な設備です。ボールミルの動作原理は、動力学と機械化学効果に基づいています。設備の稼働中、内部の研磨ボール（主にステンレス鋼、酸化ジルコニウム、または炭化タングステン製）は高速回転シリンダーによって駆動され、落下、滑り、転がりなどの複合運動軌跡を形成します。粉砕ボールがモリブデンおよび銅の原料粉末に接触すると、瞬時に発生する衝撃力によって粗大粒子が粉砕され、粉砕ボールとシリンダー壁との摩擦によって粉末はさらに粉砕され、粒子の微細化が達成されます。この過程で、粉末は物理的なサイズ変化を受けるだけでなく、表面活性と格子歪み度が増加し、その後の焼結プロセスに良好な条件が整います。

プロセスパラメータの精密制御は、ボールミル応用の核心です。ボールミル処理時間を長くすることで、粉末の粒子径を初期の数十ミクロンからサブミクロンレベルまで低減できますが、長すぎると冷間圧接凝集を引き起こす可能性があります。回転速度（通常は臨界速度の60%～80%に制御）を調整することで、粉砕ボールの運動モードを変えることができます。高速回転は衝撃破砕を促進し、低速回転は粉砕と精製に重点を置きます。また、粉砕ボールメディアの選択（サイズ比、材質硬度など）は粉砕効率に直接影響します。直径の大きい鋼球は粗粉砕に適しており、粒子径の小さいジルコニアボールは微粉砕に適しています。ある企業は、ボールミル処理パラメータを最適化することで、モリブデン-銅複合粉末の平均粒子径を15 μm から1.2 μm に低減し、材料の密度と界面結合強度を大幅に向上させました。装置自体の利点も、その広範な応用を促進しています。大型工業用ボールミルは、一度に数トンの処理が可能で、自

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

動供給システムを備えているため、大規模生産のニーズを満たすことができます。モジュール設計により、シリンダー、ライナー、粉碎ボールなどのコンポーネントの交換とメンテナンスが容易で、動作安定性が優れています。

モリブデン銅電子実装材料生産ラインでは、ボールミルを 3,000 時間連続運転した後も、粉末粒子径の変動は $\pm 5\%$ 以内に抑えられており、製品品質の均一性を効果的に確保しています。さらに、ボールミル処理は原料の形態に対する許容度が高く、バルク廃棄物から高純度粉末まで、この装置でリサイクルまたは微細加工することが可能です。これはグリーン製造の概念に適合しており、粉末冶金業界にとって不可欠な基本設備となっています。

5.1.1.2 噴霧装置

アトマイズ装置は、一般的に使用される粉末調製装置の一つであり、特に銅およびモリブデン合金粉末の調製に適しています。アトマイズ法では、熔融金属を微細な液滴に噴霧し、冷却・凝固させることで微細な金属粉末を形成します。ボールミルと比較して、アトマイズ装置は、特に粒度分布と形態制御の点で、より均一な粉末を製造できます。アトマイズされた粉末は粒子径が細かく、流動性と分散性に優れているため、粉末冶金における精密加工や高性能材料の製造に非常に適しています。

アトマイズ装置には通常、ガスアトマイズ法や遠心アトマイズ法など、様々な種類があります。適切なアトマイズ法を選択することで、粉末の品質を効果的に向上させることができます。ガスアトマイズ装置は、高圧ガスを用いて熔融金属を霧状の液滴に噴霧し、冷却後に微粉末を得ます。この方法は特にモリブデン銅合金粉末の製造に適しており、粉末の均一性と安定性を向上させ、後続のモリブデン銅板の性能向上に貢献します。

アトマイズ装置の利点は、高品質の金属粉末を迅速かつ効率的に製造できることであり、大規模な工業生産に適しています。アトマイズプロセスのパラメータを微調整することで、さまざまなモリブデン銅板の生産ニーズを満たす、望ましい粉末特性を得ることができます。

5.1.2 粉末成形装置

粉末成形は粉末冶金プロセスにおける重要なステップです。その目的は、モリブデンと銅の混合粉末を外力の作用下で所定の形状と密度を持つブランクに成形し、その後の焼結プロセスの基礎を築くことです。一般的に使用される粉末成形装置には、油圧プレスと静水圧プレスがあります。

5.1.2.1 油圧プレス（モリブデン銅ピレットの冷間成形用）

油圧プレスは、粉末冶金、特にモリブデン銅板の製造工程における冷間プレスに広く使用されています。油圧プレスは、油圧システムを通じて均一な圧力を提供し、混合されたモリブデン銅粉末を所望の形状のブランクにプレスします。この装置は高圧を提供できるため、粉末間の

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

良好な接触が確保され、ブランクの密度と均一性が向上します。冷間プレス工程では、モリブデン銅粉末を金型に入れ、油圧プレスで圧力を加え、粉末を圧縮してブランクを形成します。成形工程中の圧力と時間の制御は非常に重要であり、ブランクの密度と強度に影響を与える可能性があります。油圧プレスの利点は、成形されたブランクの安定した品質を確保しながら、大量の粉末を処理できることです。油圧プレスの用途はモリブデン銅板の製造に限らず、他の金属や合金の粉末成形にも広く利用されています。この装置は操作とメンテナンスが容易で、連続生産とバッチ生産に適しており、工業生産のニーズを満たすことができます。

5.1.2.2 等方圧プレス

等方圧プレスは、粉末材料に均一な静圧をかける成形装置であり、あらゆる方向に均等な圧力をかけることで、成形ブランクの均一性と密度を確保します。等方圧プレスの最大の利点は、ブランクの密度を効果的に高め、モリブデン-銅複合材料中の銅粉末とモリブデン粉末の均一な分布を確保することで、後続の焼結プロセスにおける品質安定性を向上させることです。粉末を密閉金型内で均一に成形します。油圧または空気圧をかけることで、粉末は全方向から同時に均一な圧力を受け、高密度のピレットを形成します。油圧プレスとは異なり、アイソスタティックプレスはより均一な圧力をかけることができるため、成形されたピレットの物理的特性は全方向でより一定になり、高密度が求められるモリブデン銅板の製造に特に適しています。アイソスタティックプレスの利点は、より低い圧力でより高い密度を達成できることであり、これは高い均一性と精度が求められる一部の製品に特に適しています。アイソスタティックプレスは、成形プロセス中にモリブデン銅粉末が完全に統合されることを保証し、複合材料の構造を改善し、それによって成形されたピレットの品質を向上させることができます。設備コストは比較的高いですが、その優れた成形効果により、ハイエンドの粉末冶金製品の製造に広く使用されています。

5.1.3 焼結装置

焼結は粉末冶金プロセスの最終段階です。粉末内の金属粒子を高温で結合させ、緻密な構造を持つモリブデン-銅複合材料を形成します。焼結装置は生産プロセス全体で重要な役割を果たし、モリブデン-銅板の最終的な性能に影響を与えます。一般的に使用される焼結装置には、真空焼結炉、雰囲気焼結炉などがあります。焼結プロセスでは、形成されたモリブデン-銅ピレットを焼結炉に入れ、一定の温度まで加熱することで、モリブデンと銅の粉末粒子間の拡散と結合を促進します。焼結温度、時間、雰囲気の制御は、焼結品質に重要な影響を及ぼします。高温条件下では、モリブデンと銅の界面で物理的および化学的な反応が起こり、徐々に強力な結合が形成されます。現在、最も一般的な焼結設備は真空焼結炉と雰囲気焼結炉です。真空焼結炉は主にモリブデン銅板の製造に使用され、無酸素環境で焼結することで酸化反応を回避し、材料の品質を向上させることができます。雰囲気焼結炉は、制御された雰囲気条件下での焼結に適しています。炉内の雰囲気組成（窒素、水素など）を調整することで、材料の焼結プロセスと焼結後の材料の性能を効果的に制御できます。焼結設備の選択は、モリブデン銅板の具体的な要件に応じて決定する必要があります。例えば、真空焼結炉は酸化と雰囲気に対する要件が厳しい製品に適しており、雰囲気焼結炉は大規模で効率的なモリブデン銅板の製造に適しています。工業生産において、焼結設備の安定性と効率は、製品の歩留まりと生産コスト

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

に直接影響します。したがって、焼結装置の適切な選択は、モリブデン銅板の品質を確保するための鍵の 1 つです。

5.1.3.1 真空焼結炉（高温焼結に使用、酸化防止のため雰囲気制御）

真空焼結炉は、モリブデン銅板の製造に広く利用されており、特に無酸素または制御雰囲気下での焼結が必要な場合に用いられます。真空焼結炉は、炉内の空気を真空状態に近づけることで、ほぼ真空に近い環境を作り出し、高温下で金属と酸素が接触することによる酸化反応を回避します。モリブデンおよび銅材料は、この環境下で本来の物理的・化学的特性を維持し、酸化膜の形成を防ぎ、モリブデン銅板の導電性、熱伝導性、耐高温性を確保します。真空焼結炉では、焼結プロセスの温度、圧力、時間が、材料の特性や製品の要件に応じて正確に制御されます。真空環境では焼結温度は通常より高くなり、金属粒子間の拡散と結合を促進し、理想的な密度と強度を実現します。真空焼結炉には、雰囲気調整機能も備わっています。炉内のガス組成（窒素、水素など）を調整することで、焼結工程における反応をさらに制御し、モリブデン銅板の機械的特性と表面品質を向上させることができます。真空焼結炉の利点は、酸化反応を効果的に防止し、焼結材料の純度と品質を向上させることです。特に、酸化に対する要求が厳しいモリブデン銅板の製造に適しています。航空宇宙、ハイエンド電子機器、高温環境での材料製造に広く使用されています。

5.1.3.2 ホットプレス焼結炉

ホットプレス焼結炉は、ホットプレスと焼結の 2 つのプロセスを組み合わせたもので、高温で同時に圧力を加える必要があるモリブデン銅板の焼結プロセスに適しています。従来の焼結方法とは異なり、ホットプレス焼結炉は焼結プロセス中に熱を供給するだけでなく、一定の圧力を加えることで粉末粒子間の密接な結合を促進します。ホットプレス焼結炉は圧力を加えることで、材料の密度と機械的特性を向上させることができ、特に高密度、高強度のモリブデン銅複合材料の製造に適しています。ホットプレス焼結炉の動作原理は、粉末ピレットを金型に入れ、加熱しながら圧力を加え、焼結温度でモリブデン銅粉末粒子を変形させて融合させることです。このプロセスにより、高密度化と粒子分布の均一化を実現し、材料の全体的な性能を向上させることができます。ホットプレス焼結炉は、特に高出力電子部品や航空宇宙材料などのハイエンド分野において、特に高密度かつ高強度が求められる製品に適しています。ホットプレス焼結炉の利点は、より短時間で高密度化を実現できること、圧力と温度を調整することで焼結効果を正確に制御し、モリブデン銅板の物理的特性を向上させることです。欠点は、設備が比較的複雑で投資額が高いことですが、高性能モリブデン銅板の製造には、ホットプレス焼結炉は依然として不可欠な設備です。

5.1.4 後処理装置

後加工設備はモリブデン銅板の製造工程において重要な役割を果たし、主にモリブデン銅板の機械的特性、表面品質、形状精度の向上に使用されます。一般的な後加工設備には、熱処理炉や精密研削盤などがあり、モリブデン銅板の最終的な性能向上に貢献します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.1.4.1 熱処理炉

熱処理炉はモリブデン銅板の熱処理工程に使用され、主に加熱と冷却速度の制御によって材料の結晶構造を変化させ、硬度、強度、耐摩耗性を向上させます。熱処理炉は通常、精密な温度制御システムを使用して、モリブデン銅板を特定の温度で焼鈍、時効、または急冷し、必要な物理的特性を実現します。モリブデン銅板の製造における熱処理炉の役割は特に重要であり、特に材料の内部構造を改善し、内部応力を除去するために重要です。熱処理プロセスは、加熱温度と保持時間を調整することにより、モリブデン銅板の組織構造を効果的に変化させ、機械的特性を向上させ、熱膨張、酸化、腐食に対する耐性を高めることができます。熱処理により、モリブデン銅板の密度、表面硬度、疲労強度が大幅に向上します。熱処理炉には、箱型炉、ピット炉、回転炉など多くの種類があります。適切な熱処理炉を選択することで、熱処理プロセスの安定性と均一性が確保され、モリブデン銅板の品質と性能が向上します。

5.1.4.2 精密研削盤

精密グラインダーは、モリブデン銅板の表面仕上げに使用され、主に表面の凹凸を除去し、表面品質を向上させます。精密グラインダーは、高速回転する砥石を用いてモリブデン銅板の表面を細かく研削することで、表面の粗い部分を除去し、モリブデン銅板に必要な寸法精度と表面品質を実現します。精密グラインダーは、モリブデン銅板の後加工において重要な役割を果たし、特に高精度が求められる用途において、高品質の表面処理効果を提供します。精密グラインダーは、モリブデン銅板の表面を滑らかで欠陥のない状態にするだけでなく、寸法精度を高め、技術要件を満たすことができます。精密グラインダーは、モリブデン銅板の輪郭仕上げ、表面研削、サイズ調整など、幅広い用途に使用されています。精密グラインダーによる加工により、モリブデン銅板はより高い精度を実現し、より厳しい作業環境や用途要件にも適応できます。

5.2 モリブデン銅板溶浸製造装置

浸透法は、モリブデン銅板の製造において重要な技術です。銅を溶融し、モリブデン板の細孔に浸透させることで、モリブデン銅複合材料を形成します。このプロセスにおいて、適切な生産設備の選択は、最終製品の性能と品質に決定的な影響を与えます。浸透法の主な生産設備には、油圧プレスと真空焼結炉があり、それぞれモリブデン粉末の成形とモリブデン銅複合材料の焼結および浸透に使用されます。

5.2.1 油圧プレス（モリブデン粉末を成形するためのもの）

油圧プレスは、主にモリブデン粉末を初期段階で成形するために用いられます。モリブデン粉末の成形は含浸法の第一段階であり、その後の銅含浸と最終的なモリブデン銅板の品質を決定します。油圧プレスは、モリブデン粉末を高圧でプレスし、一定の形状と密度を持つブランクを形成します。この装置は安定した圧力を供給できるため、モリブデン粉末は金型内で均一に分散し、緻密なモリブデン骨格が得られます。油圧プレスの利点は、圧力制御の精度にあります。プレス力と時間を必要に応じて調整することで、モリブデン粉末ブランクの密度と均一

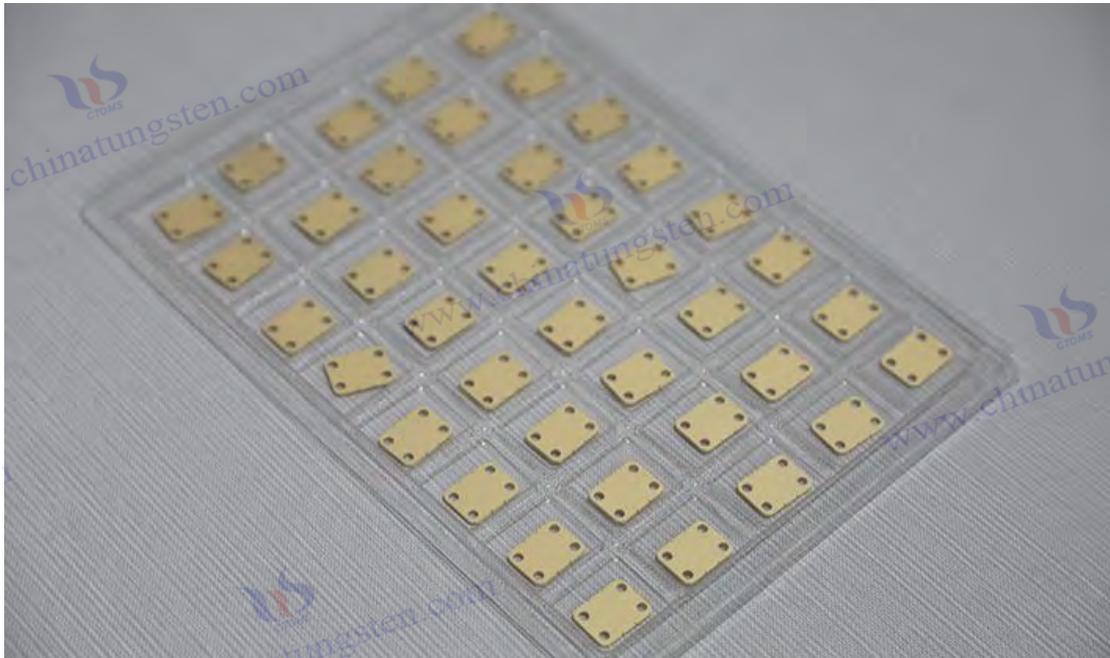
COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

性を確保できます。形成されたモリブデンスケルトンは、次の浸透工程へと送られます。油圧プレスはモリブデン銅板の製造に適しているだけでなく、他の金属粉末の成形にも広く利用されています。操作が簡単で、安定性が高く、生産効率が高いという利点があります。

5.2.2 真空焼結炉（モリブデン骨格の焼結および銅の浸透用）

真空焼結炉は、モリブデン銅板含浸法において重要な役割を果たし、主にモリブデン骨格の焼結と銅の含浸に用いられる。モリブデン骨格が形成された後、モリブデン粉末粒子は、真空または特定の雰囲気中での焼結プロセスを経て、緻密なモリブデンマトリックスに結合され、モリブデン銅複合材料の機械的強度と構造安定性を確保する必要がある。真空焼結炉では、形成されたモリブデン骨格をまず炉内に配置し、高温で焼結する。真空環境は、モリブデン材料が高温で酸素と反応するのを効果的に防止し、酸化プロセスを回避し、モリブデンの純度と安定性を維持することができる。焼結後、銅源（通常は銅粉末または銅合金粉末）を炉に加え、炉内で加熱して銅を溶解する。溶融銅液がモリブデン骨格の細孔に浸透し始め、モリブデンと銅の複合構造を形成します。

真空焼結炉の主な利点は、厳密に制御された真空環境で焼結と含浸を行うことができることです。これにより、酸化反応を効果的に回避し、モリブデン銅板の優れた性能を確保できます。真空焼結炉は、温度と雰囲気組成を調整することで焼結プロセスを正確に制御し、モリブデン銅板の最終品質を最適化します。高温で酸化されやすいモリブデン材料にとって、真空焼結炉は高品質のモリブデン銅複合材料の製造を保証するための重要な設備です。



CTIA GROUP LTD モリブデン銅板の写真

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/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

第 6 章 モリブデン銅板の性能試験方法と装置

6.1 モリブデン銅板の密度試験

モリブデン銅板の品質を測る上で重要な物理的特性の一つであり、材料の機械的特性、電気伝導性、熱伝導性に直接影響を及ぼします。一般的に用いられる密度試験法はアルキメデス排水法であり、これはモリブデン銅板の製造工程で広く用いられている簡便かつ高精度な測定法です。

6.1.1 アルキメデス排水法の原理と動作

アルキメデスの変位法は、浮力の原理に基づいています。これは、物体が液体に完全に浸かっている場合、その体積と同じ量の液体を押しのけるという原理です。物体が液体中に押しのけた体積を測定することで、物体の密度を計算できます。この試験を行うには、まず電子天秤と十分な量の液体（水または適切な液体）が必要です。液体の密度を知る必要があります。通常は密度 1g/cm^3 の水を使用します。容器内の液体は純粋で気泡がないことを確認してください。

まず、電子天秤を用いてモリブデン銅板の乾燥重量（液体に浸っていない質量）を測定し、その質量を記録します。次に、モリブデン銅板を液体に完全に浸します。この際、物体が浮遊したり気泡が混入したりしていないことを確認してください。浸漬中は、誤差を避けるため、モリブデン銅板が液体に完全に囲まれていることを確認してください。モリブデン銅板を液体に浸した後、液体中に浮遊した質量を測定し、湿重量として記録します。モリブデン銅板の体積は、以下の式で計算できます。

$$V = \frac{m_1}{\rho_{\text{液体}}}$$

ここで、 m_1 はモリブデン銅板の乾燥重量、 ρ_{liquid} は液体の密度です。次に、密度の式は以下のとおりです。

$$\rho_{\text{钨铜片}} = \frac{m_1}{V}$$

この方法により、アルキメデス排水法はモリブデン銅板の密度を正確に測定でき、サンプルの損傷という欠点を回避できます。特に金属材料の密度試験に適しています。

6.2 モリブデン銅板の多孔性試験

気孔率はモリブデン銅板の内部微細構造を測定する上で重要な指標であり、材料の機械的強度、熱伝導率、電気伝導率に直接影響を及ぼします。気孔率試験は、金属顕微鏡観察と計算に

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

よって行われ、高精度の測定結果を得ることができます。この試験方法は、モリブデン銅板の表面の微細構造を観察し、気孔の存在と分布を特定し、気孔率を算出します。

6.2.1 金属顕微鏡観察と計算

金属組織顕微鏡法は、モリブデン銅板の微細構造を正確に明らかにできる高解像度の顕微鏡分析法です。多孔度試験を行う前に、モリブデン銅板のサンプルを準備する必要があります。まず、サンプルを適切な大きさに切断し、試験片を作製します。次に、試験片を金属組織学的に研磨し、表面が滑らかで平坦で、明らかな欠陥や傷がないことを確認します。これにより、顕微鏡下で明瞭に観察できます。研磨工程では、異なる粒度のサンドペーパーを用いてサンプル表面を段階的に研磨し、理想的な仕上がりを実現します。

次に、試料をエッチングします。エッチングの目的は、化学試薬を用いて試料表面を処理し、細孔や粒界の視認性を高め、細孔の識別を容易にすることです。一般的に使用されるエッチング溶液には、アンモニア水、塩化鉄（III）などがあります。使用する化学試薬は、試料の材質と観察対象となる微細構造特性によって異なります。

後、金属顕微鏡で観察します。この顕微鏡は高解像度の画像を提供し、モリブデン銅板の表面を数百倍、あるいはそれ以上に拡大して観察できるため、気孔の形態と分布を正確に把握できます。顕微鏡の倍率を調整することで、様々なレベルの微細構造を観察し、特に気孔や亀裂などの欠陥箇所の特に細心の注意を払います。気孔は通常、黒色または透明な領域として現れ、金属マトリックスとは異なる物理的特性を示します。

気孔率を計算するには、まず顕微鏡で画像を撮影する必要があります。これらの画像は、画像解析ソフトウェアによる後続の分析と自動処理に使用されます。ソフトウェアは、様々なアルゴリズムに基づいて画像内の気孔領域を自動的に識別し、気孔の面積比を計算します。通常、画像解析ソフトウェアは、気孔領域と金属領域を異なる色で区別し、気孔が占める面積比を計算します。気孔率は以下の式で計算されます。

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

この式に従って、サンプルの気孔率を求めることができます。試験結果の精度を確保するためには、通常、異なる領域で複数回の測定を行い、平均値を算出する必要があります。金属組織顕微鏡の利点は、高解像度の画像を提供できることです。これにより、微細な気孔や欠陥が鮮明に表示され、モリブデン銅板の気孔率をより正確に評価できます。画像解析ソフトウェアを導入することで、気孔率試験プロセス全体の効率と精度が向上し、人的ミスも削減されます。

6.3 モリブデン銅板の引張試験

引張試験は、モリブデン銅板の機械的特性を評価する重要な方法です。主に、引張試験における材料の応力-ひずみ特性を測定するために用いられ、強度、延性、靱性を反映することがで

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

きます。引張試験は通常、万能材料試験機を用いて実施されます。万能材料試験機は、荷重の適用を正確に制御し、引張過程におけるモリブデン銅板の変形を記録できます。

6.3.1 万能材料試験機の使用

万能材料試験機は、材料の引張、圧縮、曲げなどの機械的特性試験に広く使用されている一般的な機械試験装置です。引張試験では、モリブデン銅板サンプルを試験機の2つのクランプの間に配置します。試験機は、徐々に増加する引張力を加えることで、材料が破断するか最大荷重支持力に達するまで、力を加えながらサンプルを変形させます。操作中は、まずモリブデン銅板の両端を試験機のクランプでクランプし、クランプ位置が固定されていることを確認します。これにより、不安定なクランプによる試験エラーを回避できます。次に、試験機はサンプルの伸びを監視しながら一定速度で引張力を加えます。引張プロセス中、試験機は荷重と変形データを自動的に記録し、データ分析を通じて材料の引張強度、降伏強度、伸びなどの重要なパラメータを取得します。万能材料試験機は、引張速度を制御し、正確な機械データを記録することで、モリブデン銅板の性能評価のための信頼できる基盤を提供します。モリブデン銅板の品質管理や研究開発に広く利用されており、材料の性能を最適化するのに役立ちます。

6.4 モリブデン銅板の曲げ試験

曲げ試験は、曲げ荷重下における材料の変形能力を測定し、曲げ強度と靱性を評価するために使用されます。曲げ試験では通常、3点曲げ法と4点曲げ法が採用されており、モリブデン銅板などの金属材料の性能試験に広く使用されています。

6.4.1 三点曲げ法

三点曲げ法は、最も一般的な曲げ試験方法の一つです。モリブデン銅板の中央部に、板面に垂直な集中荷重を加え、両端を支持された状態で曲げ変形を誘発します。試験中、モリブデン銅板は2つの支持点の間に配置され、中央部に均一な荷重が加えられます。荷重が増加すると、モリブデン銅板は材料の降伏点または破断点まで曲がります。

この方法は、モリブデン銅板の曲げ強度と曲げ剛性を直感的に測定できます。曲げ加工中のサンプルの破断や塑性変形を観察することで、材料の曲げ耐性を評価することができます。モリブデン銅板の製造において、三点曲げ法は、実使用時に集中荷重がかかった場合の材料性能試験に特に適しています。三点曲げ法の利点は、試験プロセスが簡単で、さまざまなサイズや厚さのサンプルに適しており、操作が簡単で、信頼性の高い曲げ性能データを迅速に取得できることです。

6.4.2.4 点曲げ法

四点曲げ法は、一般的に用いられる曲げ試験方法の一つです。三点曲げ法との違いは、荷重の加え方にあります。四点曲げ法は、試料の2点間に均一な荷重を加え、さらに支持点間に2点の圧力を加えることで、モリブデン銅板に均一な曲げ応力を形成します。三点曲げ法と比較し

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

て、四点曲げ法は試料に均一な応力分布を生成し、集中応力の影響を回避し、材料の曲げ抵抗をより正確に反映することができます。

試験中、モリブデン銅板サンプルは2つの支持点の間に配置され、2点加圧によりサンプルの中央部に荷重が加えられます。荷重が増加するにつれて、モリブデン銅板の曲げ変形は徐々に大きくなり、最終的に材料の降伏点または破断点に達します。4点曲げ法は、3点曲げ法で発生する局所的な過大な応力を効果的に回避できるため、薄板材料や大型サンプルの曲げ特性試験に適しています。

4点曲げ法の利点は、均一な荷重下での材料の挙動をより正確にシミュレートできるため、高性能モリブデン銅板の曲げ性能に対する要件が高いテストシナリオに適していることです。

6.5 モリブデン銅板の衝撃靱性試験

衝撃靱性試験は、モリブデン銅板が突発的な外力の作用下において亀裂の伝播や損傷に抵抗する能力を評価するもので、通常は振り子衝撃試験によって実施されます。衝撃靱性は、極限条件下における材料の脆性または靱性を反映しており、特に高衝撃または高応力環境下におけるモリブデン銅板の性能にとって重要です。

6.5.1 振り子衝撃試験操作のポイント

振り子衝撃試験は、材料の衝撃靱性を試験する最も一般的な方法の一つです。試験中、サンプルは固定された支持台上に設置され、振り子によって衝撃を受けます。振り子は一定の角度と速度で振動し、サンプルに衝突して破断または塑性変形を引き起こします。試験機は、衝撃後にサンプルが吸収したエネルギーを記録し、衝撃靱性を反映します。

試験手順は、まず標準サイズのモリブデン銅板サンプルを試験用に小片に切断し、表面に欠陥がないことを確認する。次に、サンプルを試験機の支持台に固定し、支持点の位置を調整してサンプルの両端に均等な応力がかかるようにする。振り子が開始位置で準備完了後、振り子を解放し、振り子がサンプルに衝突して破壊する。試験中、振り子の運動エネルギーは衝撃を通じてサンプルに伝達され、衝突前後の振り子の高さの変化を記録して、サンプルが吸収した衝撃エネルギーを算出する。

振り子衝撃試験は、モリブデン銅板の極端な機械的条件下、特に大きな温度変化や急激な荷重下における性能を効果的に試験することができます。材料の衝撃靱性は、その信頼性を評価するための重要な指標です。

6.6 モリブデン銅板の熱伝導率試験

熱伝導率は、モリブデン銅板の熱伝導能力を測定する上で重要なパラメータであり、高温環境における性能に直接影響します。熱伝導率試験は、モリブデン銅板の熱伝導および熱管理能力を評価するのに役立ち、特に電子機器、航空宇宙などの分野での用途において重要です。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.6.1 レーザーフラッシュ法の原理と応用

レーザーフラッシュ法は、材料の熱伝導率を測定するために一般的に使用される非接触法です。その原理は、レーザービームを材料の表面に照射し、表面の小さな領域を急速に加熱し、表面温度の変化を測定することで材料の熱伝導率を計算することです。レーザーフラッシュ試験では、レーザーパルスがモリブデン銅板の表面に照射され、表面が瞬時に加熱されます。材料表面がレーザーエネルギーを吸収すると、温度が急速に上昇し、内部伝導によって下方に広がります。高精度の熱画像装置または赤外線センサーを使用して、材料の表面温度の経時変化を試験します。温度変化の時間曲線に基づいて、材料の熱拡散率と熱伝導率を計算することができます。

レーザーフラッシュ法の利点は、非接触・非破壊検査法であり、材料の熱伝導率を迅速かつ正確に測定できることです。測定速度が速く、精度が高いため、モリブデン銅板などの高性能材料の熱特性評価、特に薄板材料の熱伝導率試験によく用いられます。この方法は、高温材料、電子部品、航空宇宙材料などに広く適用されており、モリブデン銅板の熱管理性能を最適化するために不可欠です。モリブデン銅板の設計と応用においては、複雑な熱環境下における安定性と有効性を確保するために、その熱伝導率を理解することが不可欠です。

6.7 モリブデン銅板の熱膨張係数試験

熱膨張係数とは、温度変化に伴う材料の寸法変化率です。モリブデン銅板の高温環境下における熱膨張特性は、特に高温安定性が求められる電子・電気分野において、その用途において非常に重要です。熱膨張係数の試験は、通常、熱機械分析装置（TMA）を用いて行われます。

6.7.1 熱機械分析装置（TMA）の使用

熱機械分析装置（TMA）は、制御された温度プログラム下で、温度、時間、および印加力の関数として材料の寸法変化を測定するために使用される熱分析装置です。その基本原理は、サンプルに一定または動的な機械的荷重を加えながら温度変化を制御し、サンプルの膨張、収縮、軟化、その他の変形挙動を監視することで、材料の熱機械特性を評価することです。TMAは、材料科学、工学、製造の分野で、金属、セラミック、ポリマー、複合材料（モリブデン銅板など）の熱膨張、軟化点、相変化特性の研究に広く使用されています。

例えば、モリブデン銅板の試験では、TMAを用いてセラミックまたは半導体材料との熱膨張係数（CTE）の整合性を評価し、電子パッケージングや航空宇宙用途の信頼性を確保することができます。TMAは通常、プローブ、サンプルクランプシステム、加熱炉、変位センサー（線形可変差動変圧器（LVDT）など）を備えており、圧縮、引張、または曲げモードにおけるサンプルの寸法変化を正確に記録できます。一部の高度なTMA機器は同時示差走査熱量測定（SDTA）もサポートしており、これにより熱の影響（溶融や結晶化など）を同時に測定して、材料の挙動に関するより包括的な情報を提供できます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

TMA 手順

TMA の使用には、正確で再現性のあるテスト結果を確保するための一連の標準化された手順が含まれます。まず、サンプルを準備します。サンプルがクランプシステムに収まるように、規則的な形状（モリブデン銅板の薄板または円筒形のサンプルなど）であることを確認します。サンプルのサイズは通常、固定具の種類によって決まります。たとえば、圧縮モードでのサンプルの高さと直径が固定具に収まる必要があります。次に、適切なプローブの種類（圧縮プローブ、引張固定具、3点曲げ固定具など）を選択し、テストの目的（熱膨張や軟化点など）に応じて構成します。たとえば、モリブデン銅板の熱膨張係数をテストする場合、通常は圧縮プローブを使用して線膨張を測定します。機器の校正は重要なステップです。測定精度を確保するには、温度センサーと変位センサーを校正する必要があります。校正後、サンプルは温度センサーの近くの炉に配置され、正確な温度制御が確保されます。温度プログラム（加熱、冷却、または等温）、適用力（一定または動的）、雰囲気（不活性ガスまたは空気など）を含む試験条件を設定します。試験中、プローブは変位センサーを介してサンプルの寸法変化を記録し、データは機器ソフトウェアによってリアルタイムで収集・分析されます。試験終了後は、治具を洗浄し、サンプルの状態をチェックして、汚染や機器の損傷を防ぎます。試験結果が業界仕様を満たすことを保証するために、ASTM E831 規格を参照するなど、プロセス全体を通して操作手順を厳密に遵守する必要があります。

モリブデン銅板試験における TMA の応用

TMA はモリブデン銅板の試験に広く利用されており、特に電子機器、航空宇宙、オプトエレクトロニクスのニーズを満たすための熱機械特性の評価に用いられています。モリブデン銅板（Mo85Cu15、Mo70Cu30 など）は、高い熱伝導率と低い熱膨張特性により、放熱基板や熱管理部品によく使用されています。モリブデン銅板を圧縮モードで試験することで、セラミック材料（窒化アルミニウムなど）との熱適合性を検証し、電子パッケージの熱応力による破損を防止します。たとえば、5G 通信機器では、TMA テストにより Mo60Cu40 の熱膨張係数が基板材料と一致していることが保証され、信号伝送の安定性が最適化されます。さらに、TMA はモリブデン銅板の軟化点を検出し、高温環境（航空宇宙ジェットエンジンなど）での安定性を評価するために使用できます。引張モード試験は、モリブデン銅板の引張強度や延性などの機械的挙動を特性評価できるため、航空宇宙用モリブデン銅板の設計検証に適しています。TMA は、3点曲げ試験を通じてモリブデン銅板の曲げ抵抗を分析し、複雑な応力環境での信頼性を確保することもできます。同期 SDTA 機能により、テスト機能がさらに強化されます。たとえば、Mo50Cu50 をテストする場合、熱膨張と潜在的な相変化または化学反応を同時に検出して、包括的な材料特性情報を提供できます。

TMA の使用上の注意

ために、いくつかの点に注意する必要があります。まず、サンプルの形状とサイズを厳密に管理し、不規則なサンプルが治具の接触不良や測定誤差の原因となるのを防ぐ必要があります。環境雰囲気の選択も重要です。例えば、モリブデン銅板を試験する場合、高温での銅相の酸化

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

を防ぐため、不活性ガス（窒素やアルゴンなど）を使用する必要があります。温度プログラムの設定は、材料特性に応じて適切に選択する必要があります。例えば、モリブデン銅板の試験温度範囲は、材料の許容限界を超えないように、通常、実際の使用環境（ -50°C ～ 800°C など）をカバーします。印加力の制御は正確である必要があります。力が大きすぎるとサンプルが変形したり損傷したりする可能性があり、力が小さすぎると寸法変化を正確に検出できない可能性があります。さらに、データの精度を確保するために、機器（温度センサーや変位センサーなど）の定期的な校正が不可欠です。校正には ASTM E2113 および E1363 規格を参照することをお勧めします。オペレーターは、熱膨張と軟化による寸法変化の区別など、試験結果を正しく解釈するために、機器のソフトウェアとデータ分析方法に精通している必要があります。最後に、試験後のサンプル残留物は、治具や炉本体の汚染を防ぎ、機器の長期にわたる安定した動作を確保するために適切に洗浄する必要があります。

6.8 モリブデン銅板の抵抗率試験

抵抗率は、材料の導電性を測定する上で重要なパラメータです。モリブデン銅板などの金属材料の場合、その抵抗率は高周波機器や電力伝送における用途に直接影響を及ぼします。抵抗率試験は、多くの場合、4端子法を用いて行われます。

6.8.1.4 プローブ測定プロセス

4プローブ法は、材料の表面に電流を流し、電圧降下を測定することで、材料の抵抗率を正確に算出します。試験中、4つのプローブがサンプルの表面に均等に配置され、外側の2つのプローブは定電流を流すために使用され、内側の2つのプローブは電圧降下を測定するために使用されます。このように、電流と電圧降下の関係を使用して材料の抵抗値を計算できます。サンプル表面は平坦で清潔でなければならないが、汚れや酸化層があると測定結果に影響を与える可能性があります。試験中、4つのプローブは電流を流し、サンプル表面に接触して電圧を測定します。装置は電圧と電流の変化を記録して抵抗率を計算します。この方法は接触抵抗の影響を排除し、測定精度を確保できます。モリブデン銅板などの高導電性材料の抵抗率試験に適しています。四端子法は薄膜材料の抵抗率測定に非常に適しており、電子機器、半導体などの分野におけるモリブデン銅板の応用に不可欠な高精度の抵抗率データを提供します。

6.9 モリブデン銅板の接触抵抗試験

接触抵抗とは、2つの材料の接触面において、表面粗さ、酸化、その他の要因によって生じる抵抗を指します。モリブデン銅板の用途において、接触抵抗は電流の伝導効率に影響を与え、特に高周波電子部品においては、接触抵抗の大きさが機器の性能と安定性に直接影響を及ぼします。

6.9.1 DC 電圧降下法の動作仕様

直流電圧降下法は、一般的に用いられる接触抵抗試験法です。接触抵抗は、直流電流を印加し、接触面における電圧降下を測定することで算出されます。試験では、まずモリブデン銅板サン

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

プルを別の電極に密着させ、接触点の表面に汚れや酸化物が付着していないことを確認し、表面処理が所定の平坦度に達していることを確認します。

試験中、外部電源を介して接触面に電流を流し、接触点での電圧降下を測定します。電流と電圧の関係から接触抵抗が得られます。この方法は、モリブデン銅板が他の金属と接触しているときの抵抗特性を効果的に測定でき、特に高周波電気コネクタの品質管理に適しています。DC電圧降下法の利点は、操作が簡単で、データの信頼性が高く、特別な機器を必要としないことです。生産工程における日常の品質管理や接触抵抗検出に非常に適しています。モリブデン銅板の場合、低い接触抵抗を維持することが電気用途での良好な性能を確保するための鍵となるため、材料の品質と安定性を確保するために、定期的な接触抵抗テストが非常に重要です。



CTIA GROUP LTD モリブデン銅板の写真

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

第7章 モリブデン銅板の応用分野

モリブデン銅板は、熱伝導性、導電性、耐熱性など、その優れた特性から、多くのハイテク分野で広く利用されています。特にエレクトロニクス業界では、その優れた性能から、多くの高出力・高周波デバイスに欠かせない材料となっています。エレクトロニクス業界におけるモリブデン銅板の主な用途は、包装材料、集積回路基板、マイクロ波デバイスの放熱部品の3つです。

7.1.1 包装材料

電子パッケージング技術において、モリブデン銅板の応用は極めて重要です。電子部品、特に高出力半導体部品やマイクロエレクトロニクスデバイスは、動作中に大量の熱を発生します。熱が効果的に放散されないと、電子部品の過熱、損傷、または故障につながる可能性があります。そのため、電子パッケージングには効率的な放熱ソリューションが不可欠です。モリブデン銅板は、その独特の物理的特性により、電子パッケージング材料として理想的な選択肢となっています。

モリブデン銅板の特徴は、高い熱伝導性と高温安定性です。モリブデンは高融点（約 3,262°C）の金属であるため、高温環境下でも構造安定性を維持し、高温による材料の変形や破損を回避できます。銅は優れた電気伝導性と熱伝導性を備えており、電子部品から発生する熱をパッケージから外部環境に効果的に伝導します。この2つの材料を組み合わせることで、モリブデン銅板は優れた放熱性能と優れた機械的強度を備え、電子パッケージにおける効率的な放熱に最適な材料となっています。

半導体パッケージにおいて、モリブデン銅板は効果的な放熱性を提供するだけでなく、長期間わたる高出力動作下でも温度変化に耐えることができます。高周波・高出力デバイスにおいては、モリブデン銅板の安定性が特に重要です。モリブデン銅板は急激な温度変化にも熱疲労を起こさずに耐えることができ、電子機器の長期信頼性を確保します。さらに、モリブデン銅板の熱膨張係数は比較的均一であるため、パッケージ内の熱膨張差による応力を回避する上で重要であり、熱応力によるパッケージの故障を効果的に防止できます。

モリブデン銅板は優れた耐腐食性も備えています。多くの高周波回路やパワーエレクトロニクス機器は、高温、高湿度、高電圧といった過酷な環境で動作する必要があるため、包装材料の性能には厳しい要件が課せられます。モリブデン銅板は、こうした過酷な条件下でも安定した性能を維持し、電子機器の耐用年数を延ばします。

集積回路パッケージングにおいて、モリブデン銅板は基板材料としてますます多く使用されています。モリブデン銅板は、高出力信号の熱負荷に耐えながら、過熱による集積回路の性能劣化を回避できます。電子機器の集積度が継続的に向上するにつれて、放熱に対する要求もま

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ますます高まっています。モリブデン銅板の登場は、この問題を効果的に解決し、高出力密度パッケージングに欠かせない重要な材料となっています。

7.1.2 集積回路基板

モリブデン銅板も非常に重要です。集積回路は、コンピュータ、通信機器、民生用電子機器などの分野で広く使用されています。これらのデバイスは通常、高出力・高周波で動作するため、

集積回路の放熱問題は特に重要です。IC 基板材料として、モリブデン銅板は高出力・高周波回路の放熱要件を満たし、低い熱膨張係数を維持することで、IC の信頼性と長期安定性を向上させます。集積回路基板の主な機能は、集積回路チップを支持し、必要な電気接続を提供することです。集積回路の機能がますます複雑になり、集積度がますます高くなるにつれて、その熱負荷も増大しています。従来の IC 基板材料は、多くの場合、効果的に放熱できず、高温で動作する際に集積回路の性能低下や故障につながる可能性があります。モリブデン銅板は熱伝導率が非常に高く、チップから発生する熱を効果的に伝導し、チップの過熱や損傷を防ぎます。

モリブデン銅板は、集積回路基板として多くの利点を有しています。第一に、モリブデン銅板の熱伝導率は非常に高く、集積回路チップから外部環境へ熱を素早く伝達し、過熱による損傷を回避します。第二に、モリブデン銅板の熱膨張係数は集積回路材料（シリコンチップなど）の熱膨張係数に比較的近いいため、温度変化による熱応力が軽減され、集積回路の信頼性と寿命が向上します。最後に、モリブデン銅板は耐酸化性と耐腐食性に優れており、過酷な動作環境でも良好な性能を維持し、電子機器の寿命を延ばします。

集積回路基板への材料要件は徐々に高まっています。高周波・高出力デバイスにとって、モリブデン銅板は理想的な選択肢となっています。特に、効率的な放熱、高周波信号伝送、高出力が求められる分野において、モリブデン銅板の利点はますます顕著になっています。レーダーシステム、衛星通信、光ファイバー通信といったハイテク分野において、モリブデン銅板は集積回路基板として、システムの動作効率と安定性を効果的に向上させ、複雑な環境下における電子機器の長期動作を保証します。

7.1.3 マイクロ波機器の放熱部品

マイクロ波デバイスは、マイクロ波周波数帯（一般的に 300MHz~300GHz）で使用される通信、レーダー、リモートセンシング機器の重要な部品であり、衛星通信、無線通信、医療診断、軍事レーダーなどに広く使用されています。これらのデバイスは通常、高出力信号と高周波動作環境に耐える必要があるため、放熱システムに対する要件は非常に高くなります。モリブデン銅板は、優れた熱伝導性と耐高温性を備えているため、マイクロ波デバイスの重要な放熱部品となっています。マイクロ波デバイスにおいて、モリブデン銅板の放熱性は特に重要です。マイクロ波デバイスは通常、高周波で動作し、信号伝送時に大量の熱を発生します。この熱を

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

適時かつ効果的に放熱できない場合、デバイスは過熱により誤動作したり、性能が低下したりする可能性があります。放熱部品として、モリブデン銅板はデバイスから発生する熱を素早く吸収し、高い熱伝導率により外部環境に熱を伝導します。これにより、デバイスの動作温度を効果的に下げ、デバイスの安定性と信頼性を確保します。

電子レンジ機器におけるモリブデン銅板は、放熱だけでなく、構造支持材としても利用されています。モリブデン銅板は高い強度と剛性を有しており、電子レンジ機器の構造を支える役割を果たし、電子レンジ機器内部の高温や機械的ストレスに耐えることができます。同時に、モリブデン銅板の熱膨張係数は電子レンジ機器内の他の材料と一致するため、熱膨張差による応力蓄積を回避し、機器の安定性を向上させます。レーダーシステムにおいては、モリブデン銅板の放熱性能も非常に重要です。レーダーシステムは長時間高出力で動作させる必要があり、レーダー波は送受信時に大量の熱を発生します。放熱部品として、モリブデン銅板は高温環境下でもレーダー機器の長期安定動作を保証します。衛星通信システムにおいては、モリブデン銅板の優れた放熱性能により、過酷な環境下でも衛星機器の信頼性の高い動作が保証され、衛星の耐用年数が延長されます。

7.1.4 マイクロ波デバイスの構造支持部品

マイクロ波デバイスは通常、高周波・高電力環境で動作するため、優れた放熱性、構造安定性、耐熱性が必要です。モリブデン銅板は、マイクロ波デバイスの構造支持部品として重要な役割を果たしています。マイクロ波増幅器、レーダー機器、通信モジュールなどのマイクロ波デバイスは、動作時に大量の熱を発生します。これらの熱が時間内に放散されない場合、機器が過熱し、安定性と寿命に影響を与えます。モリブデン銅板は高い熱伝導率を備えているため、マイクロ波デバイス内の熱を効果的に吸収・伝導し、過熱による回路や部品の損傷を回避します。さらに、モリブデン銅板は耐熱性が高いため、高電力環境でも安定して動作し、マイクロ波デバイスの動作中に発生する熱や機械的ストレスに耐えることができます。電子レンジ機器において、モリブデン銅板は放熱の役割だけでなく、機器の支持・固定機能も担っています。モリブデン銅板は高い剛性と強度を有し、電子レンジ機器内部の部品を支え、構造安定性を維持します。モリブデン銅板の熱膨張係数は、他の一般的な電子レンジ材料（セラミック、シリコンなど）の熱膨張係数に比較的近いいため、熱膨張差による材料応力を効果的に回避し、電子レンジ機器の動作信頼性を向上させます。さらに、モリブデン銅板の抗酸化特性は、電子レンジ機器の長期使用においても有利です。電子レンジ機器は、高温、高湿度、電磁波といった過酷な動作環境にさらされることが多いですが、モリブデン銅板はこうした過酷な条件下でも安定した性能を維持し、電子レンジ機器の耐用年数を延ばします。

7.1.5 ヒートシンク材料

ヒートシンクは、電子機器、特に高出力電子機器、レーザー、高周波機器の分野で、放熱に用いられる重要な部品です。ヒートシンクの設計と材料選定は、機器の長期安定動作に不可欠で

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

す。モリブデン銅板は、優れた熱伝導性と熱膨張特性を有するため、ヒートシンク材料として放熱分野で広く利用されています。

電子機器、特にパワー半導体やレーザーダイオードなどの高出力デバイスにおいて、モリブデン銅板は部品内部で発生した熱を効率的に外部の冷却システムへ伝導し、過熱による部品の故障や性能低下を回避します。モリブデン銅板の高い熱伝導性は、小型・高出力密度のアプリケーションにおいて大きな利点をもたらします。モリブデン銅板は熱を素早く分散させ、高温下でもデバイスの安定した動作を確保します。

さらに、モリブデン銅板の熱膨張係数は比較的均一で、多くの電子デバイス材料の熱膨張係数と一致しているため、熱膨張差による応力が軽減されます。特に、頻繁な加熱と冷却を必要とする用途では、モリブデン銅板をヒートシンク材料として使用すると、これらの温度変化に効果的に耐え、熱応力による材料の変形や損傷を回避できます。

モリブデン銅板は理想的なヒートシンク材料でもあり、特に高湿度や腐食性ガス環境などの過酷な環境下においても、外部環境の影響を受けずに長期間安定して動作します。レーザー、RF モジュール、半導体レーザー、衛星通信機器などのハイエンドアプリケーションにおいて、ヒートシンク材料として重要な役割を果たしています。

7.1.6 RF モジュール

無線周波数（RF）モジュールは、無線通信、レーダー、衛星通信などの分野で広く使用されています。高周波・高電力環境で動作するため、材料に対する要求は非常に高く、RF モジュールの材料には優れた導電性だけでなく、優れた熱管理能力も求められます。RF モジュールのコア材料として使用されるモリブデン銅板は、その独自の特性から、この分野で広く使用されています。

RF モジュールは動作中に発生する熱を迅速かつ効果的に放散する必要があります。そうしないと、デバイスの安定性と信号品質に影響を及ぼします。モリブデン銅板は高い熱伝導率を備えているため、RF モジュールで発生した熱を外部の放熱システムに素早く伝導し、デバイスの温度を安全な範囲に保ち、過熱による性能低下や故障を防止します。従来の銅やアルミニウム素材と比較して、モリブデン銅板の熱伝導率は大幅に向上し、小さな体積でより高い電力密度を運ぶことができるため、高出力 RF モジュールのニーズに適応します。RF モジュールにおける電気接続と信号伝導には、材料の導電性に対する高い要件があります。モリブデン銅板は、モリブデンの高温安定性と銅の優れた導電性を兼ね備えており、RF モジュール内で効率的な電気接続を実現し、安定した伝送と信号の精密制御を保証します。モリブデン銅板は高周波信号伝送における損失が低いため、信号減衰を低減し、RF モジュールの効率的な動作を確保できます。さらに、モリブデン銅板は耐熱性に優れているため、高出力・高温環境下でも安定した動作が可能です。RF モジュールは通常、長期間の安定した動作が求められますが、モ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

リブデン銅板はこうした過酷な環境下でも優れた性能を維持し、長期間の高温曝露による故障も発生しません。そのため、モリブデン銅板はハイエンド RF モジュールに欠かせない主要材料となっています。

7.1.7 LED 放熱基板

LED 技術の継続的な進歩に伴い、LED 光源は照明、ディスプレイ、信号処理などの分野で広く利用されています。LED 光源は高いエネルギー効率と長寿命といった利点を有する一方で、高出力駆動時には大量の熱を発生します。この熱を適時かつ効果的に放散できない場合、LED の性能低下や寿命短縮につながります。そのため、放熱は LED 光源の応用において重要な課題となっています。

モリブデン銅板は、高い熱伝導率、優れた機械的強度、そして高い耐熱性を備えており、この問題を解決する理想的な選択肢です。モリブデン銅板は、モリブデンの高い融点（約 3,262°C）と銅の優れた熱伝導性を兼ね備えています。LED 光源が動作しているとき、光源チップから発生した熱をヒートシンクまたは外部環境に迅速かつ効率的に伝達し、熱蓄積による悪影響を効果的に回避します。

モリブデン銅板は、従来のアルミニウム基板やその他の放熱材料と比較して、高い熱伝導率と高い電力密度への耐性を備えています。これにより、高出力 LED ランプ、高輝度ディスプレイ、レーザーダイオードなどの高出力 LED 光源の放熱システムの温度を低く維持することができ、LED 光源の作業効率と寿命を向上させます。さらに、モリブデン銅板の熱膨張係数は比較的均一で、LED チップやその他のパッケージ材料の熱膨張係数と一致しているため、熱膨張差による応力が軽減され、LED 光源の安定性と長期信頼性が向上します。LED モジュールや集積回路のパッケージングにおいて、モリブデン銅板は放熱基板として機能するだけでなく、長期にわたる効率的な放熱を確保し、過熱による LED 光源の性能低下を回避します。

7.2 航空宇宙分野におけるモリブデン銅板の応用

航空宇宙分野は、材料に対する要求が非常に厳しく、特に高温、高圧、強い放射線などの環境下においては、優れた高温安定性、強度、熱伝導性、耐放射線性を備えた材料が求められます。モリブデン銅板は、その優れた性能から航空宇宙分野で広く利用されており、特に航空機の金属部品、宇宙船の熱保護材料、ミサイルおよび宇宙船の部品において、その不可欠な役割を發揮しています。

7.2.1 航空機金属部品

モリブデン銅板は、航空宇宙分野、特に航空機の構造部品において、金属部品として重要な役割を果たしています。航空機は飛行中、高速飛行、厳しい気流圧力、複雑な温度変化に遭遇するため、航空機の金属部品には高い強度だけでなく、優れた耐熱膨張性と放熱性が求められます。これらの金属部品の中でも、モリブデン銅板は、エンジン部品、空力形状部品など、高温・

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

高応力に耐える必要がある航空機構造部品に使用されています。モリブデンの高い融点と銅の熱伝導性により、モリブデン銅板は高温環境下でも優れた構造安定性を維持し、熱膨張の影響を回避します。同時に、モリブデン銅板はエンジンなどの部品から発生する熱を効果的に伝導し、局所的な過熱を防ぎ、極限環境下でも航空機の安定した運航を確保します。航空機の金属部品に使用されているモリブデン銅板は、その耐食性にも反映されています。航空機は様々な気象条件、特に高湿度と塩分濃度の高い環境にさらされています。モリブデン銅板の耐食性により、これらの環境下でも長期間にわたり故障なく動作します。

7.2.2 宇宙船の熱保護材料

宇宙船は、打ち上げ、飛行、そして大気圏再突入の過程で、極端な温度変化を経験します。特に大気圏突入時には、宇宙船は数千度にも達する非常に高い温度にさらされます。そのため、宇宙船と内部機器の安全な運用を確保するために、強力な熱保護システムを備える必要があります。モリブデン銅板は、宇宙船の熱保護システムにおいて、主に遮熱材として利用されています。モリブデンは融点が高いため、高温環境下でも安定した性能を発揮します。また、銅は熱伝導性が高いため、宇宙船表面から他の部品へ熱を素早く伝達し、局所的な過熱を効果的に回避します。これにより、モリブデン銅板は、宇宙船の熱保護システムにおける高温による損傷を効果的に防ぐことができます。宇宙船の再突入時には、モリブデン銅板は断熱層、遮熱シールド、放熱システムによく使用されます。モリブデン銅板は熱伝導率が高いため、熱が他の放熱部品に素早く伝達され、また、熱膨張に対する耐性が強いため、過度の温度差によって生じる熱応力が効果的に軽減され、高温再突入時に宇宙船の構造的完全性を維持できます。さらに、モリブデン銅板の耐腐食性は宇宙環境での使用にも非常に適しており、特に高放射線と極端な温度の条件下では、モリブデン銅板は長期間安定して動作します。

7.2.3 ミサイルおよび宇宙船のコンポーネント

モリブデン銅板は、ミサイルや宇宙船の様々な部品にも使用されています。ミサイルシステムでは、モリブデン銅板はミサイルエンジンやその他の高温部品の放熱システムによく使用されています。ミサイルエンジンは高速飛行中に大量の熱を発生します。この熱が時間内に放散されない場合、エンジン性能の低下や故障につながる可能性があります。モリブデン銅板はこれらの部品の熱を迅速かつ効果的に放散し、ミサイルの効率的な運用を確保します。モリブデン銅板は、宇宙船の電気システムにも広く使用されています。宇宙船の電子機器において、モリブデン銅板は導電性と放熱性に優れ、電流を効率的に伝導し、機器の温度を安定に保ち、過熱による故障を防ぎます。さらに、モリブデン銅板は安定性と高い強度を備えているため、宇宙船の構造部品にも使用され、特に大きな機械的ストレスや高温変化にさらされる主要部品においては、モリブデン銅板がさらなる強度と耐久性を提供します。

7.2.4 レーダーシステムラジエーター

レーダーシステム、特に軍事・航空分野のシステムは、高出力・高周波条件下で長時間安定して動作する必要があります。このような環境下において、レーダーシステムの放熱は設計上の

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

重要な課題となります。モリブデン銅板をレーダーシステムの放熱器に適用することで、その高い熱伝導性と高温安定性が最大限に発揮され、高性能レーダーシステムに不可欠なコアコンポーネントとなっています。レーダーシステムの送受信ユニットは大量の熱を発生するため、効率的な放熱はレーダーシステムの信頼性の高い動作を保証する鍵となります。モリブデン銅板は、その高い熱伝導率（従来の金属のほとんどよりも優れている）により、レーダーシステムの放熱設計に広く使用されています。モリブデン銅複合材料は、発熱部品（送信機、受信機など）から外部の放熱システムへ熱を素早く伝達し、過熱によるレーダーシステムの性能低下や故障を防ぎます。

モリブデン銅板は、高温環境でも良好な熱安定性を維持し、極端な温度変化や強い熱衝撃下でも構造の完全性と安定性を維持します。さらに、モリブデン銅板の熱膨張係数は、レーダーシステム内の他の材料（セラミック、シリコンチップなど）の熱膨張係数と類似しているため、熱膨張差による応力を効果的に低減し、温度差による機械変形や構造破損を回避できます。軍事レーダーシステム、特に高出力・高周波レーダーにおいて、モリブデン銅板を放熱デバイスとして適用することで、レーダー機器の長期にわたる効率的で安定した動作を確保し、過熱による損傷や性能低下を回避できます。そのため、モリブデン銅板は現代のレーダー技術において重要な役割を果たしています。

7.2.5 軍用電子機器パッケージ

軍用電子パッケージングは、特にミサイル、衛星、ドローンなど、過酷な環境で動作する機器に求められる材料要件が非常に高く、耐高温性、耐衝撃性、耐放射線性、防水・防塵性など、複数の要件を満たす必要があります。新しいタイプのパッケージング材料であるモリブデン銅板は、その優れた物理的特性により、軍用電子パッケージングに広く使用されています。軍用電子パッケージングにおけるモリブデン銅板の主な利点の一つは、高い熱伝導性です。

電子部品は動作中に大量の熱を発生しますが、特に高出力・高周波の動作環境では、熱管理が非常に重要です。モリブデン銅板は、電子部品から外部の放熱システムに熱を効果的に伝達し、過熱による機器の故障を回避します。これは、特に高温、高圧、放射線などの過酷な環境下における軍事機器の信頼性にとって非常に重要です。モリブデン銅板は、電子パッケージングの長期的な安定性を確保します。

モリブデン銅板は、軍用電子機器のパッケージングにも理想的な選択肢です。軍事機器は、急激な温度変化、衝撃、振動といった過酷な条件下で動作することがしばしばあります。モリブデン銅板は、性能低下や損傷を起こすことなく、これらの条件に耐えることができます。高い強度と剛性により、パッケージング材料は外部からのストレスにも耐えることができます。同時に、モリブデン銅板の熱膨張係数は他の多くの軍用材料（セラミックや金属など）と同等であるため、パッケージ構造への熱応力の影響を軽減します。軍用電子機器のパッケージングにおいて、モリブデン銅板は放熱性だけでなく、優れた電気性能も提供します。優れた導電性により、モリブデン銅板は電子部品のキャリア材料として使用され、安定した電気接続と

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

信号伝送を確保します。モリブデン銅板を軍事用パッケージングに適用することで、機器の性能、信頼性、耐久性を効果的に向上させ、過酷な環境下でも安定した動作を確保できます。

7.3 エネルギーおよび熱管理におけるモリブデン銅板の応用

モリブデン銅板は、エネルギー分野、特にパワーエレクトロニクスや熱管理システムにおいて、その独自の優位性を発揮しています。世界的なエネルギー効率と持続可能な開発への関心が高まる中、モリブデン銅板はエネルギー分野、特にパワーエレクトロニクスや熱管理システムでますます利用され、高出力電子機器の放熱問題を解決する重要な材料となっています。

7.3.1 パワーエレクトロニクスデバイス

パワーエレクトロニクスデバイスは、現代のエネルギーシステムにおいて重要な役割を果たしています。電力変換、バッテリー管理システム、電気自動車、再生可能エネルギーシステムなど、パワーエレクトロニクスデバイスはエネルギーの調整、制御、変換に広く利用されています。しかし、これらの高出力電子機器は動作中に大量の熱を発生します。熱を効果的に放散できないと、機器の過熱、性能低下、さらには故障につながります。そのため、パワーエレクトロニクスデバイスの信頼性の高い動作には、優れた放熱材料が不可欠です。モリブデン銅板は、パワーエレクトロニクスデバイスの放熱材料として不可欠な役割を果たしています。モリブデン銅板は熱伝導率が非常に高く、パワーエレクトロニクスデバイスから発生する熱をデバイス内部から素早く除去することで、デバイスの温度を安定させ、動作効率と寿命を向上させます。モリブデン銅板は高い熱伝導率と高温安定性を備えているため、特に高出力で長時間稼働するデバイスに最適な放熱材料です。さらに、モリブデン銅板は高い強度と耐熱膨張性を備えているため、パワーエレクトロニクス機器における高温変化や機械的ストレスにも耐えることができます。電気自動車や電力変換装置においては、モリブデン銅板は電子部品を効果的に支持・保護するとともに、優れた放熱性能を発揮し、過度の温度上昇による部品の損傷を回避します。

モリブデン銅板は、機器の熱管理性能を向上させるだけでなく、全体的な効率を高め、エネルギー損失を低減します。電気自動車、太陽光発電、エネルギー貯蔵システムの発展に伴い、モリブデン銅板の熱管理材料としての重要性はますます高まり、エネルギー効率の向上と持続可能な開発のための重要な技術材料となるでしょう。

7.3.2 原子力設備

原子力発電設備、特に原子炉とその関連部品には、極めて高い熱安定性、強度、耐放射線性を備えた材料が求められます。原子炉は作動時に大量の熱を発生し、また強い放射線環境にもさらされます。そのため、原子力発電設備における放熱管理は極めて重要です。原子力発電設備の放熱管理材料として、モリブデン銅板は優れた熱伝導性と高温安定性を有しており、高温・高出力における熱管理問題の解決に最適な選択肢となっています。原子力発電設備において、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

モリブデン銅板は主に熱交換器、冷却システム、放熱器などに使用されています。原子炉の炉心部では大量の熱が発生しますが、モリブデン銅板はこれらの熱を素早く伝導し、効果的に放散することで、高温下でも設備の正常な動作を確保します。モリブデンは融点が高いため、モリブデン銅板は極めて高い温度に耐えることができ、銅は優れた熱伝導性を持つため、原子炉の炉心から冷却システムへ熱を素早く伝導することができます。さらに、モリブデン銅板は高い機械的強度と耐食性を備えているため、原子力発電設備において長期間安定して動作します。原子炉制御棒、冷却ポンプ、熱交換器など、原子力発電設備の重要な部品は、長期間にわたる高温・高放射線環境にさらされます。モリブデン銅板の安定性と耐食性は、放射線損傷に耐え、設備の長期的な信頼性と安定性を確保します。

今後、原子力技術のさらなる発展に伴い、高温ガス冷却炉や高速中性子炉といった新型原子炉へのモリブデン銅板の適用がさらに拡大するでしょう。モリブデン銅板は、原子力機器に、より効率的で信頼性の高い熱管理ソリューションを提供し、将来のエネルギーシステムにおける原子力技術の持続可能性と安全性を確保します。

7.3.3 再生可能エネルギーシステム

環境に優しく持続可能なエネルギーに対する世界的な需要が高まる中、再生可能エネルギー（太陽エネルギー、風力エネルギー、水力発電など）は重要なエネルギー源となっています。再生可能エネルギーシステム、特に太陽光発電システムと風力発電システムでは、システム効率の向上、耐用年数の延長、設備の安定性の確保のために、効率的な熱管理が不可欠です。再生可能エネルギーシステムの熱管理材料としてのモリブデン銅板は、優れた熱伝導性と耐熱性により、エネルギー変換効率と設備の安定性を向上させる重要な材料となっています。太陽エネルギーシステムでは、モリブデン銅板は主に太陽熱発電システムの熱交換器や放熱部品に使用されています。太陽熱集熱器は作動時に大量の熱が発生します。熱を効果的に放散できないと、システム効率が低下したり、太陽熱集熱器が損傷したりする可能性があります。モリブデン銅板は、集熱器内の熱を外部の冷却システムに素早く伝達し、熱発電システムの効率的な動作を確保します。風力発電システムにおいて、モリブデン銅板はファンモーターなどの高出力電子機器の放熱材として使用され、モーターの動作中に発生する熱をファン内部から外部へ効果的に伝達することで、過熱や機器の故障を防止します。風力発電システム内の電子部品や電力変換器は、通常、高速運転時に大量の熱が発生します。モリブデン銅板は高い熱伝導性を有しており、システムの放熱性能を効果的に向上させ、高出力運転時の風力タービンの安定性を確保します。

モリブデン銅板は、熱交換器や放熱部品だけでなく、再生可能エネルギーシステムのバッテリー管理システムにおいても重要な役割を果たしています。太陽光発電システムや風力発電システムでは、エネルギー貯蔵システム（バッテリーパックなど）が不可欠な部品となっています。モリブデン銅板は熱管理材料として、充放電プロセス中にバッテリーから発生する熱を効果的に低減し、バッテリーの過熱による性能低下や損傷を防ぎます。再生可能エネルギー技術の継続的な進歩に伴い、これらのシステムにおけるモリブデン銅板の応用範囲は拡大し、再生

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

可能エネルギーの効率的な利用と安定した運用のための重要な熱管理ソリューションを提供します。

7.3.4 電気自動車のバッテリー熱管理

電気自動車（EV）は、現代の交通システムにおける重要な代替エネルギー源となっています。電気自動車の中核コンポーネントの一つはバッテリーシステム、特に動力バッテリーシステムです。バッテリーは充放電時に大量の熱を発生します。この熱を効果的に管理しないと、バッテリーの温度が過度に上昇し、バッテリーの性能、寿命、さらには安全性にも影響を与えます。そのため、バッテリーの熱管理システムは電気自動車の設計において無視できない重要な部分となっています。

モリブデン銅板は、電気自動車のバッテリーの熱管理システムの主要材料として、その高い熱伝導性と耐高温性により、バッテリーの熱管理に理想的な選択肢です。電気自動車では、モリブデン銅板はバッテリーパックの放熱システムに使用され、特に高出力充放電時に使用されます。モリブデン銅板は、バッテリーで発生した熱をバッテリーセルからラジエーターまたは外部冷却システムに素早く伝達し、バッテリーの温度が高くなりすぎて性能低下や安全上の問題が発生するのを防ぎます。モリブデン銅板の優れた熱伝導性により、バッテリーシステムを最適な動作温度範囲に維持し、バッテリーの充電効率と放電性能を向上させ、バッテリーの耐用年数を延ばすことができます。電気自動車のバッテリーシステムは、高温環境と低温環境でさまざまな課題に直面します。モリブデン銅板はこれらの過酷な条件に適応し、安定した熱管理サポートを提供します。モリブデン銅板は、バッテリーシステムの放熱性能を向上させることで、バッテリーの動作効率を最適化するだけでなく、電気自動車の総合的な性能と安全性も向上させます。モリブデン銅板は、電気自動車のバッテリーモジュールやバッテリーパックの構造設計にも活用できます。モリブデン銅板は高い強度と優れた耐熱膨張性を備えており、バッテリーモジュールに安定した構造的サポートを提供し、温度変化による機械的な変形を防止します。モリブデン銅板の優れた性能により、高温・高出力の動作条件下でもバッテリーシステムが長時間安定して動作し、電気自動車の航続距離、充電速度、安全性に関する厳しい要件を満たします。

7.4 その他の新興用途分野におけるモリブデン銅板

モリブデン銅板は、特に材料性能に対する要件が極めて高い技術分野において、高精度かつ複雑な作業条件下で独自の利点を発揮しています。

7.4.1 医療機器

モリブデン銅板は、主に医用画像機器、放射線治療機器、体外診断機器の分野で活用されています。医療技術の進歩、特に放射線医学、核医学、高精度診断機器の発展に伴い、モリブデン銅板は優れた熱伝導性、強度、生体適合性を有し、医療機器の主要材料の一つとなっています。医用画像機器、特に CT（コンピュータ断層撮影）や MRI（磁気共鳴画像）機器では、モリブ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

デン銅板は電子部品や高出力機器の熱管理システムにおける放熱材料として広く使用されています。CT スキャナや MRI 機器は、特に高出力無線周波数システムや電子部品において、動作中に大量の熱を発生します。熱を効果的に放散できないと、機器が過熱し、画像品質に影響を与える可能性があります。モリブデン銅板の高い熱伝導性は、これらの部品から発生した熱を放熱システムに素早く伝達し、機器の長期にわたる安定した動作を保証します。さらに、モリブデン銅板は放射線治療装置の熱管理にも使用されています。放射線治療中、装置の放射線源は通常、大量の熱を発生します。これらの装置におけるモリブデン銅板の役割は、放射線源領域から熱を効果的に伝達し、熱蓄積による装置の故障や治療精度の低下を防ぐことです。モリブデン銅板は、高い強度、耐高温性、安定性を備えているため、高精度医療機器において非常に信頼性の高い材料となっています。モリブデン銅板を体外診断装置に適用することも非常に重要です。これらの装置において、モリブデン銅板は効果的な熱管理を提供するだけでなく、長期使用における装置の安定性と精度を確保するための部品支持材としても機能します。

7.4.2 7G 通信基地局

5G 技術の普及に伴い、7G 通信技術の研究開発が本格化しています。7G 通信は、超高速伝送、大規模接続、低遅延ネットワークアプリケーションをさらに推進します。将来の通信ネットワークの中核インフラである 7G 基地局は、熱管理、耐干渉性、設備の安定性に対する要求が高まっています。モリブデン銅板は、効率的な熱管理材料として、7G 通信基地局の重要な構成部品として徐々に注目を集めています。

7G 通信基地局において、モリブデン銅板の主な役割は、放熱材として基地局内で発生する膨大な熱量への対応です。7G 通信技術は、より高い周波数とより大容量のデータ伝送をサポートするため、基地局の電力需要と熱負荷は 5G 時代よりも大きくなります。モリブデン銅板の高い熱伝導性は、基地局内の電子部品から発生する熱を素早く放熱し、過熱による基地局機器の故障や性能低下を防ぎます。モリブデン銅板は放熱性に加え、耐電磁干渉性も 7G 通信基地局への応用における利点の一つです。7G 通信基地局は、より複雑な電磁環境に直面します。構造支持材として、モリブデン銅板は電磁干渉を効果的に遮断し、基地局内の電子部品の安定した動作を確保します。モリブデン銅板を基地局に適用することで、機器の信頼性と通信品質が効果的に向上し、将来の超高速ネットワーク伝送の厳しい要件を満たすことができます。

7.4.3 レーザーと光学系

レーザーと光学システムは、科学研究、医療、工業加工、レーザー印刷などの分野で広く利用されています。レーザー技術の継続的な進歩に伴い、レーザーと光学システムの出力はますます高くなり、放熱性と温度制御に対する要件もますます厳しくなっています。モリブデン銅板は、効率的な放熱材料として、レーザーと光学システムにおいて重要な役割を果たしています。レーザー、特に高出力レーザーは、動作中に大量の熱を発生します。この熱が効果的に放散されない場合、レーザーの効率が大幅に低下し、機器が損傷する可能性もあります。モリブデン銅板は高い熱伝導率を備えているため、レーザーの放熱システムに最適な材料です。レーザー内部で発生した熱を外部の放熱装置に素早く伝達し、レーザーの動作温度を安定させ、機器の出力と動作効率を向上させます。モリブデン銅板は光学システムにも広く利用されており、特

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

にレーザー走査システム、光通信システム、精密測定機器などに用いられています。光学システムにおけるレーザー送信機と受信機は、通常、極めて精密な温度制御環境で動作する必要があります。モリブデン銅板は、安定した放熱性を提供するだけでなく、熱膨張差による光学部品の変形を効果的に回避し、光学システムの安定性と精度を確保します。モリブデン銅板をレーザーや光学システムに適用することで、システムの放熱能力が向上するだけでなく、レーザーのビーム品質と安定性も向上し、様々な応用シナリオにおいて効率的な動作が保証されます。

7.4.4 積層造形とカスタマイズコンポーネント

積層造形（3D プリンティング）技術は、近年急速に発展した製造技術の一つです。特に航空宇宙、医療、自動車分野において、積層造形はカスタマイズされた高精度部品の製造ソリューションとして徐々に普及しつつあります。積層造形における材料の一つとして、モリブデン銅板は高温、高出力、高精度のカスタマイズされた部品の製造に広く利用されています。積層造形技術は、材料を層状に積み重ねることで複雑な形状の部品を製造することを可能にし、従来の加工方法では実現できない複雑な形状の製造に非常に効果的です。モリブデン銅板は優れた特性を備えているため、特に航空宇宙部品、自動車エンジン部品、医療機器のカスタマイズ部品など、高い熱伝導性、高い強度、優れた耐熱性が求められる用途において、積層造形に最適な材料です。

積層造形プロセスにより、モリブデン銅板はレーザー溶融時に良好な構造安定性を維持し、高温環境下でも優れた物理的特性を維持します。モリブデン銅板のカスタマイズ製造により、複雑な構造部品における熱管理が向上し、熱応力の低減と性能向上により効率的な部品製造を実現します。さらに、モリブデン銅板の積層造形は、様々な用途要件に応じて性能を正確に調整することができ、熱管理、機械強度、耐高温性、耐腐食性など、様々な工業製品の多様な要件を満たすことができます。これにより、モリブデン銅板は新興分野における幅広い応用可能性を秘めており、カスタマイズ部品の製造における重要な材料となっています。



CTIA GROUP LTD モリブデン銅板の写真

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

第 8 章 モリブデン銅板の市場と産業の現状

8.1 世界のモリブデン銅板市場の概要

モリブデン合金市場の重要な部門として、世界のモリブデン銅板市場は、高性能アプリケーションシナリオにおける独自の利点により、近年着実な成長傾向を示しています。モリブデン銅板は、モリブデン（Mo）と銅（Cu）からなる複合材料であり、高い熱伝導率、調整可能な熱膨張係数、および高強度の特性を備えています。電子、航空宇宙、通信、新エネルギーの分野で広く使用されています。その市場成長は主に、5G 通信、電気自動車（EV）、再生可能エネルギー機器における高性能材料の世界的な需要によって牽引されています。モリブデン市場全体の中で、モリブデン銅板市場の成長率はより顕著です。モリブデン市場全体の成長傾向は比較的緩やかですが、高付加価値分野（電子パッケージングや熱管理部品など）におけるモリブデン銅板の重要性はますます顕著になり、市場規模の拡大をさらに促進しています。

モリブデン銅板市場は、主に以下の要因によって推進されています。まず、高熱伝導性と低熱膨張性材料の需要が高まっています。モリブデン銅板の熱伝導率は $150\sim 270\text{W/m}\cdot\text{K}$ で、熱膨張係数は $5\sim 12\times 10^{-6}/\text{K}$ と調整可能であり、電子パッケージングや熱管理アプリケーションに最適な材料です。たとえば、5G 基地局では、Mo60Cu40 モリブデン銅板が優れた熱伝導性とセラミック基板との熱膨張整合により、放熱基板として広く使用されており、高周波動作下での機器の安定性を確保しています。次に、電気自動車（EV）市場の急速な成長がモリブデン銅板の需要を牽引しています。

電気自動車のバッテリー管理システムとパワー半導体には、効率的な熱管理材料が必要であり、モリブデン銅板は、その高い熱伝導性と信頼性から第一の選択肢となっています。さらに、風力や太陽光発電設備などの再生可能エネルギー分野の拡大により、モリブデン銅板の需要が高まっています。たとえば、モリブデン銅板は、太陽電池の導電層に使用され、クリーンエネルギー機器の効率的な動作をサポートしています。最後に、航空宇宙および防衛分野における高性能合金の需要は増加し続けており、モリブデン銅板の軽量特性と高温安定性により、ジェットエンジンやミサイル部品に使用されています。たとえば、Mo85Cu15 モリブデン銅板は、熱膨張係数が低く、機械的的特性が優れているため、航空宇宙の熱管理部品に適しています。

世界のモリブデン銅板市場は、用途別にエレクトロニクス、航空宇宙、オプトエレクトロニクス、新エネルギーに分類されています。エレクトロニクス分野では、モリブデン銅板は、高い熱伝導性と低い熱膨張係数のため、パワー半導体、RF アンプ、5G 基地局の放熱基板に広く使用されています。たとえば、Mo60Cu40 は、その熱伝導率が約 $30\sim 40\%$ IACS（国際焼鈍銅規格）であるため、高周波通信機器に適しています。航空宇宙分野も重要な市場で、モリブデン銅板はジェットエンジンの熱管理部品やミサイル部品の製造に使用されており、Mo85Cu15 は高温安定性（ $600\sim 800^{\circ}\text{C}$ に耐える）と軽量という特徴から好まれています。オプトエレクトロニクス分野では、モリブデン銅板はレーザーや LED チップのキャリアとして使われており、Mo70Cu30 はガリウムヒ素などの材料と優れた熱膨張係数のマッチングを持ち、デバイスの長期安定性を確保しています。新エネルギー分野での需要の急速な増加に伴い、モリブデン銅板は電気自動車や薄膜太陽電池のバッテリー管理システムで重要な役割を果たしています。た

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

例えば、モリブデン銅板は導電層として銅インジウムガリウムセレン（CIGS）太陽電池の生産をサポートしています。これらの応用分野の多様な需要がモリブデン銅板市場の継続的な拡大を推進してきました。モリブデン銅板市場は、Mo85Cu15、Mo70Cu30、Mo60Cu40、Mo50Cu50 など、ブランドに応じて異なる比率のモリブデン銅合金に分かれています。Mo85Cu15 は主にモリブデン含有量が高く、熱膨張係数が低い（約 $5\sim 7\times 10^{-6}/K$ ）ため、航空宇宙やオプトエレクトロニクス用途に適しており、セラミックや半導体材料との高度な整合性が求められます。Mo70Cu30 は熱伝導率と機械的特性のバランスが取れており、5G 基地局や電気自動車の放熱基板に広く使用されています。Mo60Cu40 と Mo50Cu50 は銅含有量が高く、熱伝導率は $220\sim 270W/m\cdot K$ で、高周波電子機器や新エネルギー分野に適しています。異なるブランドによる性能の違いにより、モリブデン銅板は多様な用途ニーズを満たし、市場競争力を高めています。

モリブデン銅板市場は、主に直販と流通に分かれています。直販とは、メーカーからエンドユーザーへの直接供給で、大手電子機器メーカーや航空宇宙企業で一般的です。流通チャネルは、仲介業者を通じて中小企業に製品を流通させ、より広い市場をカバーしています。販売代理店は、タイムリーな納品を確保するために、コスト競争力とサプライチェーンの信頼性に重点を置いています。例えば、北米とヨーロッパの販売代理店は、自動車業界や新エネルギー業界にカスタマイズされたモリブデン銅板を提供し、多様なニーズに対応しています。直接製造と流通チャネルの組み合わせにより、市場カバレッジが最適化され、モリブデン銅板の普及が促進されます。世界のモリブデン銅板市場は、中国、米国、チリが主導しており、サプライヤーは技術革新と戦略的協力を通じて市場での地位を強化しています。例えば、中国モリブデンは、海外の鉱物や下流加工への投資を通じて、サプライチェーンに対する管理を強化しています。米国企業は、銅モリブデン関連鉱物の採掘を通じて高純度モリブデン銅板を生産し、航空宇宙および電子機器市場に供給しています。さらに、サプライヤーは、熱伝導性と界面強度を向上させる新しいモリブデン銅複合材料（グラフェンを添加した Mo70Cu30 など）を開発することで、市場競争力を強化しています。

8.2 主要モリブデン銅板メーカー - CTIA GROUP LTD

CTIA グループ株式会社 CTIA は、中国タングステンオンラインテクノロジー株式会社の子会社です。1997 年に設立され、中国初のトップクラスのタングステン製品ウェブサイトである www.chinatungsten.com からスタートし、中国初のタングステン、モリブデン、希土類元素産業に特化した e コマース企業です。タングステンとモリブデン分野における 30 年近くにわたる深い技術蓄積と世界的なビジネス評判を基盤として、CTIA は世界のモリブデン銅板市場における主要メーカーの一つとなり、インダストリアルインターネット時代におけるモリブデン銅材料のインテリジェント化、統合化、柔軟性の高い設計・製造の推進に尽力しています。同社は Mo85Cu15、Mo80Cu20、Mo60Cu40、Mo50Cu50 など、さまざまなグレードのモリブデン銅板を生産しており、これらは電子放熱基板、航空宇宙熱管理部品、5G 通信機器、光電子デバイスに広く使用されています。CTIA GROUP LTD は、China Tungsten Online の技術と経験を継承し、顧客の個別のニーズに焦点を当て、AI テクノロジーと産業インターネットプラットフォーム

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

フォームを使用して顧客と連携して設計し、特定の化学成分と物理的特性（密度約 9.1~10.0 g/cm³、熱伝導率 150~270 W/m·K、電気伝導率 20~45%IACS、熱膨張係数 5~12×10⁻⁶/K など）を満たすモリブデン銅板を生産し、型開き、試作から仕上げ、梱包、物流までの全プロセス統合サービスを提供しています。

例えば、同社が生産する Mo60Cu40 モリブデン銅板は、高い熱伝導性と優れた延性により、5G 基地局 RF モジュールのヒートシンクに広く使用されています。また、Mo85Cu15 は、低熱膨張性と高強度により、航空宇宙ジェットエンジンの熱管理部品に使用されています。CTIA GROUPLTD は、粉末冶金法と溶融浸透法を用いてモリブデン銅板を生産しています。粉末冶金法は、高い密度と機械的特性（例えば、Mo85Cu15 の引張強度は 500~600MPa に達する）を確保し、溶融浸透法は、高銅含有量グレードの熱伝導性と電気伝導性を最適化します。

過去 30 年にわたり、China Tungsten Online は、ヨーロッパ、アメリカ、アジア、モーリシャス、キプロスなどの地域にわたる世界中の 130,000 社以上の顧客に、500,000 種類を超えるタングステンおよびモリブデン製品の研究開発、設計、製造サービスを提供し、カスタマイズ可能で柔軟性が高くインテリジェントな製造の基盤を築いてきました。

これを基に、CTIA GROUP LTD はインダストリアルインターネット時代のインテリジェント製造をさらに深化させ、インテリジェント生産管理システムを開発し、自動化された焼結加工技術を通じて製品の一貫性を向上させ、電子、通信、新エネルギー産業の高精度要件を満たしました。同社はグローバル ESG（環境、社会、ガバナンス）基準に積極的に対応し、モリブデンや銅廃棄物のリサイクルによる資源消費の削減など、持続可能な採掘および加工技術を採用しており、中国の「第 14 次 5 年計画」のグリーン製造の要件を満たしています。同社のサプライチェーンネットワークは北米、ヨーロッパ、アジアを網羅し、戦略的協力と電子商取引プラットフォーム（www.ctia.com.cn など）を通じて効率的なグローバルデリバリーを実現しています。

CTIA GROUP LTD の競争力はコスト管理と大規模生産にも反映されており、特に中国の豊富なモリブデン資源と政府の支援により、インフラ、5G、電気自動車市場の成長ニーズを満たすために生産能力を拡大し続けています。

8.3 モリブデン銅板の市場需要と開発動向

モリブデン銅板市場は、世界的な工業化と技術進歩、特に電子、通信、航空宇宙、新エネルギー分野によって牽引されています。エレクトロニクス産業が主な需要源です。モリブデン銅板は、高い熱伝導性と低い熱膨張係数のため、パワー半導体デバイス、マイクロ波デバイス、ヒートシンクに広く使用されています。2023 年には、世界のエレクトロニクス産業のモリブデン銅板の需要が市場全体の大きなシェアを占めました。5G 通信の急速な発展は、信号の完全性と熱安定性を確保するために RF パワーアンプやアンテナ基板に使用される高周波モリブデン銅板の需要を促進しました。電気自動車産業の急速な成長も需要を大きく押し上げま

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

した。モリブデン銅板は、バッテリー管理システムやパワーモジュールの放熱部品に使用されます。2023 年の世界の電気自動車販売台数の増加は、関連材料の需要を促進しました。風力や太陽エネルギーなどの再生可能エネルギー分野では、2050 年までに太陽電池の吸収層や風力タービンの耐腐食部品向けにモリブデン銅合金が大量に消費されると見込まれています。Antaika China は、風力発電産業が約 30 万トンのモリブデンを消費すると予測しています。航空宇宙分野では、高強度、低熱膨張のモリブデン銅板の需要が安定しており、Mo85Cu15 などのグレードはジェットエンジンや衛星の熱管理部品に使用されています。開発動向では、3D プリントや積層造形技術の台頭により、モリブデン銅板の精密航空宇宙部品や医療機器などの新たな用途が開拓されています。さらに、インテリジェント生産技術とグリーン製造技術は、焼結プロセスの自動制御による製品の均一性の向上など、モリブデン銅板生産プロセスの最適化を促進しました。アジア太平洋地域は引き続き需要の伸びを牽引し、中国の「第 14 次 5 年計画」に支えられたハイエンド製造業とインフラ建設により、モリブデン銅板の消費量がさらに増加すると予想されます。

8.4 モリブデン銅板市場が直面する課題と機会

チャレンジ

モリブデン銅板は、モリブデンと銅という 2 つの主要原材料に依存していますが、その価格は世界経済、需給バランス、地政学的要因の影響を受け、大きく変動します。モリブデンは通常、銅鉱山やタングステン鉱山の副産物として採掘され、銅の価格変動はモリブデンの供給に直接影響を及ぼします。このような価格変動は、特に安定したサプライチェーンを必要とする電子機器や航空宇宙産業において、モリブデン銅板メーカーへのコスト圧力を高め、利益率の圧縮や市場競争力の低下につながる可能性があります。環境保護に関する世界的な懸念から、特に中国と北米では、各国が採掘と処理の監督を強化しています。2023 年には、北米のモリブデン生産量は、銅モリブデン鉱石の品位の低下と厳しい環境規制（米国とカナダの排出基準など）により減少し、モリブデン銅板の生産能力が制限されました。中国では、鉱山認可に対する政府による厳格な監督（環境保護法の改正など）により、低排出設備や廃水処理技術の導入義務化など、操業コストが増加しています。これらの規制は環境ガバナンスのレベルを向上させましたが、モリブデン銅板メーカーのコンプライアンスコストを増大させ、中小企業の市場撤退につながる可能性があります。

モリブデン銅板は、高熱伝導性と低熱膨張係数という特徴から、エレクトロニクスや航空宇宙分野では独自の存在となっているが、バナジウム、タングステン、クロムなどの他の材料も、特定の用途では競争力がある。例えば、タングステンは融点が高い（約 3,422°C）ため、特に航空宇宙部品では、高温環境でモリブデン銅板を部分的に置き換えることができる。高強度鋼合金にバナジウムを使用すると、鉄筋分野でのモリブデン銅板の間接的な需要が弱まる可能性があり、耐食コーティングにクロムを使用すると、特定の化学工業用途でモリブデン銅板の需要が置き換わる可能性がある。特定のシナリオでは、これらの代替材料のコスト上の利点や性能の最適化により、モリブデン銅板の市場シェアが部分的に失われる可能性がある。例えば、5G 基地局の放熱基板へのモリブデン銅板の応用は、特にコストに敏感な市場では、タングステンベースの複合材料によって脅かされる可能性があります。さらに、電子パッケージングに

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

におけるセラミック材料（窒化アルミニウムなど）の応用の増加は、Mo70Cu30 などのグレードの需要に脅威を与える可能性があります。一部の地域、特に中東やアフリカなどの新興市場では、モリブデン銅板の利点に対する認識が不十分であるため、市場浸透が限られています。多くの潜在的ユーザー（中小規模の電子機器メーカーなど）は、モリブデン銅板の熱伝導率（150～270W/m·K）と調整可能な熱膨張係数（ $5\sim 12\times 10^{-6}/K$ ）を理解しておらず、純銅やアルミニウムなどの従来の材料を好んでいます。さらに、サプライチェーンの不安定さも大きな課題です。地政学的緊張と物流問題により、モリブデンと銅の供給が中断され、モリブデン銅板の生産に影響を及ぼす可能性があります。輸送の遅延と港湾のボトルネックにより、サプライチェーンのリスクがさらに悪化し、モリブデン銅板の納品が遅れ、航空宇宙産業やエレクトロニクス産業の生産計画に影響を及ぼす可能性があります。

機会

世界的な新エネルギー・エレクトロニクス産業の急速な発展は、モリブデン銅板市場に幅広い展望をもたらしています。モリブデン銅板は、高い熱伝導性と低い熱膨張係数のため、電気自動車（EV）、5G 通信機器、再生可能エネルギー機器に広く使用されています。たとえば、電気自動車の分野では、Mo60Cu40 モリブデン銅板がバッテリー管理システムの放熱基板に使用され、高出力動作時のバッテリーの安定性を確保しています。5G 通信の分野では、モリブデン銅板（Mo70Cu30 など）は、その電気伝導性（約 30～40%IACS）とセラミック基板との熱膨張のマッチングにより高周波信号伝送の安定性を確保しているため、基地局の RF 増幅器やパワー半導体に広く使用されています。再生可能エネルギー機器の需要も市場の成長を牽引しています。例えば、モリブデン銅板は、銅インジウムガリウムセレン化物（CIGS）薄膜太陽電池の導電層として使用され、太陽光発電の効率向上に貢献しています。これらの新興応用分野の急速な成長は、モリブデン銅板市場に安定した需要源を提供しています。技術革新は、モリブデン銅板市場に新たな成長ポイントをもたらしています。高度な抽出技術（湿式製錬など）により、モリブデンの回収率が向上し、生産コストが削減されました。積層造形（3D プリント）技術の進歩により、特に航空宇宙および医療分野において、モリブデン銅板から複雑な形状の部品を製造できるようになりました。例えば、電子ビーム溶融（EBM）3D プリント技術で製造されたモリブデン銅複合材料は、密度が高く、耐亀裂性が高く、Mo85Cu15 製のタービンブレードなどの高温航空宇宙部品に適しています。

さらに、ナノ複合技術（Mo70Cu30 へのグラフェン添加など）の応用により、熱伝導率と界面強度が向上し、モリブデン銅板の精密製造における用途が拡大しています。例えば、医療分野の X 線ターゲットやヒートシンク部品における高性能モリブデン銅板の需要は高まっています。これらの技術革新は、モリブデン銅板の性能向上だけでなく、製造工程における材料ロスを削減し、市場競争力の向上にも貢献します。

中国の第 14 次 5 年計画では、製造業のアップグレードと新エネルギー開発に重点が置かれており、モリブデン銅板の需要が高まっています。たとえば、スマートグリッドや高速鉄道ブ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

プロジェクトでは、Mo60Cu40 を使用して効率的な導電性部品を製造しています。さらに、インドや日本などのアジア太平洋諸国では、急速な都市化とエレクトロニクス産業の拡大により、市場がさらに拡大しています。これらの地域の需要は、特に高付加価値アプリケーションにおいて、サプライヤーに多様な市場機会を提供しています。モリブデン銅廃棄物をリサイクルするというグリーン製造のトレンドも、市場に新たな機会を提供しています。再生可能エネルギー機器におけるモリブデン銅板の使用は、世界の炭素削減目標と一致しています。たとえば、風力タービンや太陽電池では、モリブデン銅板の耐食性と熱伝導性により、機器の寿命が延びます。



CTIA GROUP LTD モリブデン銅板の写真

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

第9章 モリブデン銅板の将来展開

9.1 モリブデン銅板の新しい製造技術の可能性

モリブデン銅板の製造技術は、伝統的な粉末冶金法と溶融浸透法を基盤として、インテリジェント化、グリーン化、高効率化に向けて発展しています。材料科学と製造技術の進歩に伴い、新たな製造技術は大きな可能性を示しています。積層造形（3Dプリンティング）技術は重要な方向性を示しています。レーザー粉末床溶融法や電子ビーム溶融法を用いることで、航空宇宙用熱管理部品やマイクロ波デバイス用ヒートシンクなど、複雑な形状のモリブデン銅板部品を直接印刷することが可能になります。

3Dプリンティング技術は、モリブデンと銅の比率と微細構造を精密に制御し、熱伝導率（150～270 W/m·K）と電気伝導率を最適化し、材料の無駄を削減します。例えば、Mo60Cu40粉末を層状に溶融することで、複雑な内部チャンネルを備えたヒートシンクを製造し、5G機器の高い熱負荷要件を満たすことができます。

モリブデンと銅の界面にナノスケールの強化相（グラフェンやカーボンナノチューブなど）を導入することで、界面の接合強度と熱伝導効率を向上させることができます。例えば、Mo70Cu30にグラフェンを添加すると、低い熱膨張係数（ $8\sim 10\times 10^{-6}/K$ ）を維持しながら、熱伝導率を260W/m·Kまで向上させることができます。さらに、AI支援によるプロセス最適化や自動焼結制御などのインテリジェントな製造技術は、温度と圧力パラメータをリアルタイムで監視することでモリブデン銅板の密度と性能の一貫性を向上させ、Mo50Cu50などの高銅含有量グレードの大規模生産に適しています。また、リサイクル可能なモリブデン銅廃棄物を原料として使用したり、低温焼結やプラズマ焼結技術によってエネルギー消費を削減したりするなど、世界的なESG（環境、社会、ガバナンス）基準を満たすグリーン製造技術も大きな注目を集めています。

CTIA GROUP LTDはこれらの技術の探求を開始し、インダストリアル・インターネット・プラットフォームを活用して、設計から製造までの全プロセス・インテリジェンスを実現しています。例えば、AIを活用したMo85Cu15モリブデン銅板の協働設計により、高温航空宇宙部品の個別ニーズに対応しています。これらの新技術は、生産コストの削減、サイクルの短縮、製品性能の向上につながり、高性能アプリケーションにおけるモリブデン銅板の新たな可能性を切り開くことが期待されています。

9.2 モリブデン銅板の性能を最適化するための研究方向

モリブデン銅板は、熱伝導性、導電性、機械的特性、環境適応性の向上に重点を置いており、電子工学、航空宇宙、新エネルギー分野の厳しい要件を満たしています。インターフェースの最適化が中核です。モリブデンと銅のインターフェースの接合品質を向上させることで、熱抵抗と電気接触抵抗が低減します。例えば、化学蒸着法（CVD）を用いてモリブデン粒子の表面

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

に遷移層を堆積させることで、Mo60Cu40 の熱伝導率を 250 W/m·K 以上に高め、引張強度を 400 MPa まで高めることができます。合金設計も重要な方向性です。微量元素（レニウムやチタンなど）を添加することで、モリブデン銅板の耐高温性と耐酸化性を高めることができます。例えば、Mo85Cu15 に少量のレニウムを添加すると、800°Cでも構造安定性を維持でき、航空宇宙ジェットエンジン部品に適しています。微細構造の制御も注目されています。モリブデンと銅の相分布の均一性を制御することで、熱膨張係数をセラミック材料に合わせて最適化します。例えば、Mo80Cu20 の微細構造はプラズマ焼結技術によって調整され、熱応力を低減し、電子パッケージデバイスの寿命を延ばします。マグネトロンスパッタリングによる銅モリブデン薄膜コーティングなどの表面改質技術は、電気接点性能と耐腐食性を向上させることができ、5G RF モジュールにおける高周波モリブデン銅板の応用に適しています。

計算材料科学の応用は、性能最適化への新たな道を開きます。モリブデン銅合金の熱的および機械的特性をシミュレーションすることで、最適な組成比を予測します。例えば、分子動力学シミュレーションを用いて Mo50Cu50 の銅相分布を最適化し、導電率を 45%IACS まで向上させます。さらに、グリーン性能最適化にも重点を置いており、低エネルギー製造プロセスとリサイクル可能な材料を研究することで、環境への影響を軽減しています。例えば、モリブデン銅廃棄物をリサイクルして Mo70Cu30 を製造することで、生産コストを削減し、持続可能性を向上させます。これらの研究方向は、技術革新と学際的な統合を通じて、モリブデン銅板の高性能分野への応用を促進します。

9.3 モリブデン銅板の産業横断的な用途拡大

モリブデン銅板の需要は加速しています。高い熱伝導率、低い熱膨張率、優れた機械的性質を活かし、従来のエレクトロニクスや航空宇宙分野から、新エネルギー、医療、防衛分野へと徐々に拡大しています。新エネルギー分野では、モリブデン銅板は高い熱伝導率と耐腐食性により、電気自動車のバッテリー管理システムや再生可能エネルギー機器に広く使用されています。例えば、Mo60Cu40 は電気自動車のパワーモジュールの放熱基板に使用され、高い熱負荷を効果的に管理します。Mo70Cu30 は太陽電池の吸収層や風力タービンの耐腐食性部品に使用されます。2050 年までに風力発電産業がモリブデン銅合金を大量に消費すると予想されています。

医療分野では、モリブデン銅板の生体適合性と高強度により、医療機器の製造で際立った存在となっています。例えば、Mo85Cu15 は X 線装置の放熱部品に使用され、高放射線環境下での装置の安定性を確保しています。また、3D プリントされたモリブデン銅板は、精密インプラント医療機器の熱管理部品の製造に使用できます。防衛分野のモリブデン銅板も成長しています。Mo80Cu20 は熱膨張率が低く強度が高いため、ミサイルやレーダーシステムのヒートシンクに適しており、高温・高振動環境の要件を満たしています。高性能コンピューティングと人工知能は、モリブデン銅板の新たな市場を開拓しました。Mo50Cu50 は熱伝導率と電気伝導率が高いため、データセンターのサーバーチップの放熱基板として理想的な選択肢であり、高密度 3D パッケージング技術をサポートしています。さらに、モリブデン銅板は、高出力レーザーや LED チップキャリアの熱管理と電気接点性能を最適化する Mo70Cu30 など、オプトエレクトロニクス分野における新たな用途拡大を続けています。また、3D プリントやナノ複合

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

技術といった新たな製造技術の登場も、モリブデン銅板の複雑な構造をカスタマイズし、医療・防衛分野の精密ニーズを満たすことを可能にしており、業界横断的な拡大に貢献しています。今後、世界的にエネルギー効率とインテリジェント製造への注目が高まる中、原子力熱交換器、燃料電池、スマート端末などにおけるモリブデン銅板の応用ポテンシャルがさらに高まり、市場規模の成長を牽引するでしょう。



CTIA GROUP LTD モリブデン銅板の写真

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

第 10 章 モリブデン銅板の国内規格および国際規格

10.1 モリブデン銅板の中国国家規格

モリブデン銅板の製造、試験、および応用に関する規範的な指針を提供し、製品の品質と業界の一貫性を確保しています。現在、モリブデン銅板に関する主要な規格は、工業情報化部が管理する業界規格 YS/T 1546-2022「モリブデン銅合金板」です。この規格は、2022年9月30日に公布され、2023年4月1日に施行されました。申請番号は 88796-2023 です。この規格は、Mo85Cu15、Mo80Cu20、Mo70Cu30 などの一般的なグレードをカバーし、変形、焼鈍、および浸透処理された状態のモリブデン銅合金板に適用され、化学組成、物理的特性（密度、熱伝導率など）、および加工要件を規定しており、電子実装、航空宇宙、通信分野の放熱基板および導電性部品に適しています。

例えば、Mo70Cu30 の密度は約 9.6g/cm^3 、熱伝導率は約 $200\sim 250\text{W/m}\cdot\text{K}$ 、熱膨張係数は約 $8\sim 10\times 10^{-6}/\text{K}$ であることが規格で求められており、セラミック材料との整合性を確保しています。また、YS/T 660-2022「モリブデン及びモリブデン合金加工製品ブランド及び化学組成」では、モリブデン銅板の化学組成に関する参考資料も提供されており、モリブデンと銅の含有量範囲と不純物管理の要件が明確にされています。その他の関連規格としては、モリブデン銅板の組成検出のための方法論を提供する YS/T 1562.1-2022「タングステン銅合金の化学分析方法パート 1: ヨウ素デジタル化および誘導結合プラズマ発光分光法による銅含有量の測定」があります。これらの規格は、中国非鉄金属工業協会と国家非鉄金属標準化技術委員会（TC243）によって監督されており、中国の「第 14 次 5 年計画」におけるハイエンド製造業の要件との整合性を確保しています。CTIA GROUP LTD などの企業は、これらの規格を厳格に遵守し、電子機器や航空宇宙産業のニーズを満たすモリブデン銅板を製造しています。

10.2 モリブデン銅板の国際規格

国際規格は、世界市場におけるモリブデン銅板の生産と取引に統一された仕様を提供していますが、国際標準化機構（ISO）と国際電気標準会議（IEC）は、モリブデン銅板に特化した独立した規格をまだ発行していません。関連要件は通常、モリブデン合金または複合材料の規格に統合されています。ISO 1554:1976 と ISO 1553:1976（加工および鋳造銅合金および純銅の化学分析方法）は、モリブデン銅板中の銅含有量の測定に参照を提供します。銅含有量は電気分解によって分析され、化学組成の正確性を保証します。これらの規格は、Mo60Cu40 などのグレードの銅含有量を検出するための中国規格 YS/T 1562.1-2022 に部分的に採用されています。さらに、ISO 9001 品質管理システム規格は、モリブデン銅板メーカーの品質管理において、製品性能の一貫性を確保するために広く使用されています。例えば、CTIA GROUP LTD は ISO 9001 認証を取得し、Mo50Cu50 の生産プロセスを最適化し、5G 通信機器のニーズに対応しています。国際規格には、ISO 14001 環境マネジメントシステムなどの環境・安全要件も含まれており、生産プロセスにおける廃棄物やエネルギー消費の削減をグローバル ESG 基準に沿って求めています。モリブデン銅板専用の国際規格はありませんが、モリブデン銅板メーカーは通常、ISO/TC 119（粉末冶金）および ISO/TC 26（銅および銅合金）関連規格を参照し、顧

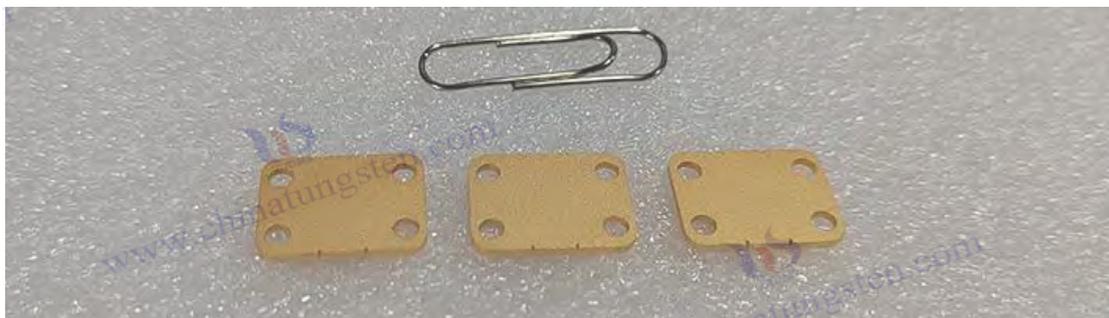
COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

客の契約要件と組み合わせて、熱伝導率（150～270 W/m·K）や熱膨張係数（5～12×10⁻⁶/K）などの性能パラメータをカスタマイズしています。今後、モリブデン銅板の新エネルギーおよびエレクトロニクスへの応用が拡大するにつれて、ISO は世界市場を規制するためにより具体的な規格を策定する可能性があります。

ヨーロッパ、アメリカ、日本、韓国、その他世界各国のモリブデン銅板規格

モリブデン銅板の規格は、通常、各国の材料規格システムまたは業界仕様に基づいています。モリブデン銅板は特定の用途向け材料であるため、特別な規格は少なく、関連要件は銅合金、モリブデン合金、または複合材料の規格に統合されています。米国では、ASTM B777（高密度タングステン合金規格）などの米国材料試験協会（ASTM）規格が、モリブデン銅板の性能試験の間接的な参考資料となっています。これらはモリブデン銅板を直接対象とするものではありませんが、その試験方法（密度や引張強度など）は、Mo85Cu15 などのグレードの品質管理に適用できます。米国企業は、顧客のカスタマイズ要件を組み合わせて、熱伝導率が約 170～200 W/m·K の衛星熱管理部品用 Mo80Cu20 など、航空宇宙のニーズを満たすモリブデン銅板を製造することがよくあります。欧州では、欧州標準化委員会（CEN）が EN 13599（銅および銅合金板および条）を通じてモリブデン銅板の加工要件を間接的に規制しており、化学組成と機械的特性（引張強度 400～600MPa など）を重視しています。ドイツ標準化機構（DIN）も同様のガイドラインを提供しています。一部の企業は、DIN EN ISO 6892-1 を参照してモリブデン銅板の引張試験を実施し、Mo70Cu30 の強度と延性が電子パッケージングの要件を満たしていることを確認しています。

日本では、JIS H 3100（銅及び銅合金の板及び条）などの日本工業規格（JIS）が、電気伝導性と熱伝導性を重視したモリブデン銅板の製造基準となっています。日本企業が製造する Mo60Cu40 モリブデン銅板は、導電率が約 30～40%IACS で、高周波通信機器に広く使用されています。韓国技術標準院（KATS）は、国際規格や顧客契約に基づき、電気自動車パワーモジュール用の Mo50Cu50 など、新エネルギーのニーズに応えるモリブデン銅板を生産しています。これらの国では通常、ISO 規格や業界慣行と組み合わせてモリブデン銅板の性能パラメータをカスタマイズし、ISO 9001 および ISO 14001 認証を通じて品質と環境への適合を確保しています。欧州、米国、日本、韓国の企業も、CTIA GROUP LTD などの中国メーカーと協力し、中国規格 YS/T 1546-2022 を参考にして、世界市場での製品の品質を一貫性を確保しています。



CTIA GROUP LTD モリブデン銅板の写真

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

付録：モリブデン銅板用語集

用語	意味	アプリケーション例
モリブデン銅板	モリブデン（Mo）と銅（Cu）を特定の比率で粉末冶金または溶融浸透法で製造し、熱伝導率が高く、熱膨張係数が低く、強度が高いという特徴があります。	Mo70Cu30 モリブデン銅板は 5G 基地局の放熱基板に使用され、その熱伝導率は約 200～250 W/m·K です。
モリブデン	高融点遷移金属（融点約 2623°C）で、耐高温性と耐腐食性に優れ、熱膨張係数が低く、構造的なサポートを提供します。	高温航空宇宙部品におけるモリブデン銅板の構造骨格。
銅	熱伝導性および電気伝導性に優れた金属（熱伝導率約 401 W/m·K、電気伝導率約 100% IACS）で、熱伝導および電気伝導ネットワークを形成し、延性を向上させます。	Mo60Cu40 の銅相は電気伝導性を向上させ、通信機器のヒートシンクに適しています。
ブランド	モリブデン 85%、銅 15%などのモリブデン銅板におけるモリブデンと銅の質量または体積パーセントを示します。	Mo85Cu15 は航空宇宙分野で使用され、Mo50Cu50 は高周波電子機器分野で使用されています。
熱伝導率	モリブデン銅板の熱伝導能力の尺度。W/m·K で測定され、銅の含有量に応じて増加します。	Mo50Cu50 の熱伝導率は 220～270W/m·K であり、パワー半導体の放熱基板として使用されます。
熱膨張係数	これは、温度が変化したときのモリブデン銅板の膨張率を示しており、単位は $10^{-6}/K$ で、モリブデン含有量が増加すると減少します。	Mo85Cu15 の CTE は約 $5-7 \times 10^{-6}/K$ であり、これはセラミック材料と一致し、熱応力を軽減します。
導電率	モリブデン銅板の電流伝導能力の尺度。IACS のパーセンテージで表され、銅含有量に応じて増加します。	Mo60Cu40 の導電率は約 30～40% IACS であり、高周波通信機器に適しています。
機械的特性	モリブデン銅板は疲労耐性を反映します。	Mo70Cu30 は銅含有量が多いため靱性に優れており、航空宇宙分野の高振動環境に適しています。
耐食性	腐食性媒体（湿気や塩水噴霧など）による腐食に耐えるモリブデン銅板は、主にモリブデン相で構成されています。	Mo85Cu15 は海洋環境で優れた性能を発揮し、航空宇宙の熱管理コンポーネントに適しています。
抗酸化作用	高温酸素含有環境における酸化反応に耐えるモリブデン銅板。	Mo80Cu20 は 600°C でも構造的に安定しており、高温電子機器に適しています。
耐酸性および耐アルカリ性	モリブデン銅板。	Mo85Cu15 は塩酸などの非酸化性酸に優れた性能を発揮し、化学産業の部品に適しています。
粉末冶金	モリブデン粉末と銅粉末を混合し、プレスして高温で焼結してモリブデン銅板を作ります。	Mo85Cu15 は粉末冶金法で製造され、引張強度は 500～600MPa です。

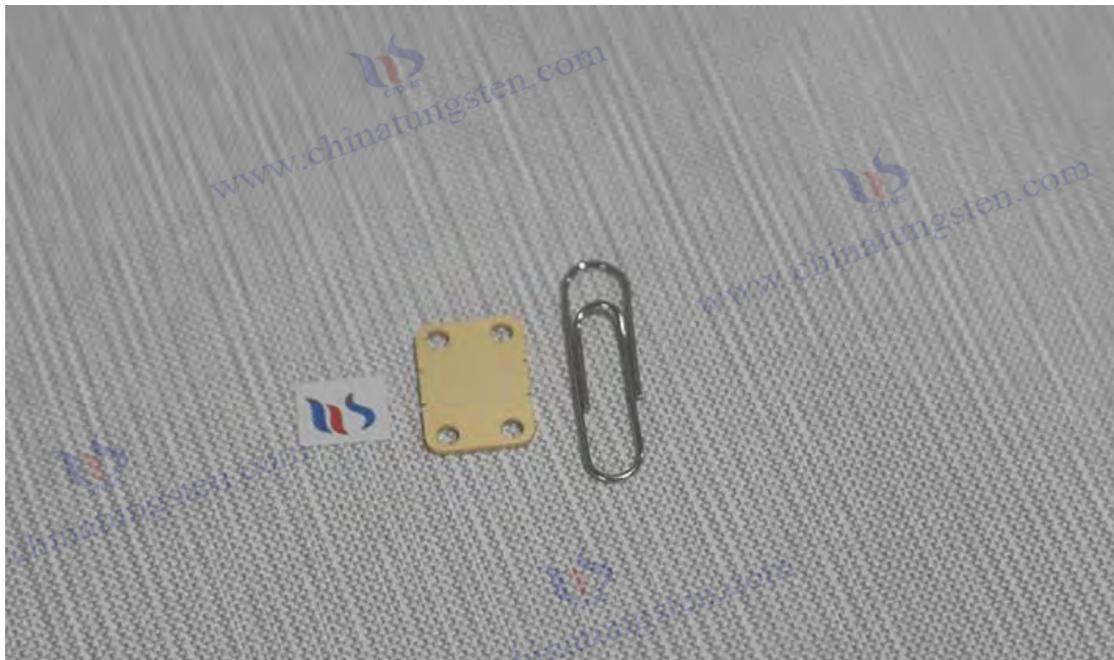
COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

浸透法	多孔質のモリブデン骨格に溶融銅を浸透させて製造されるモリブデン銅シートは、銅含有量の高いグレードに適しています。	Mo50Cu50 は溶融浸透により熱伝導性を最適化し、5G 通信機器のヒートシンクに適しています。
ホットプレス焼結	高压焼結によりモリブデン銅板の密度と機械的特性を向上させます。	Mo80Cu20 のピッカース硬度は 160 ~ 200 HV に達し、高温航空宇宙部品に適しています。
高周波モリブデン銅板	、高い電気伝導性と熱伝導性を備え、高周波電子機器向けに特別に設計されています。	Mo60Cu40 は RF パワー アンプに使用され、導電率は約 30 ~ 40% IACS です。
航空宇宙用モリブデン銅板	航空宇宙産業向けに設計されたモリブデン銅板は、熱膨張率が低く、強度が高いのが特徴です。	Mo85Cu15 はジェットエンジンの熱管理部品に使用され、600 ~ 800°C で安定して動作します。
光電変換素子型モリブデン銅板	光電子デバイス用に設計されたモリブデン銅板は、高い熱伝導性と一致する熱膨張係数を備えています。	Mo70Cu30 は高出力レーザーの放熱基板に使用され、ガリウムヒ素と一致します。
化学物質安全データシート	モリブデン銅板の化学組成、潜在的な危険性、取り扱いガイドラインなど、安全性に関する情報を提供する文書です。	CTIA GROUPLTD の MSDS では、処理中に粉塵を吸い込まないように防塵マスクを着用することを推奨しています。
インテリジェント製造	AI テクノロジーとインダストリアル インターネットを活用してモリブデン銅板の生産を最適化し、一貫性と効率性を向上させます。	CTIA GROUPLTD は、5G 機器のニーズを満たすために、自動焼結制御を通じて Mo50Cu50 を生産しています。
積層造形	モリブデン銅板を 3D プリント技術で製造することで、複雑な形状の部品を製造でき、材料の無駄を削減できます。	Mo60Cu40 は 3D プリントにより複雑なヒートシンクに加工され、航空宇宙分野に適しています。
ナノ複合技術	モリブデンと銅の界面にナノ強化相（グラフェンなど）を導入すると、熱伝導率と界面強度が向上します。	を添加すると 260 W/ m·K に達します。
ESG 基準	世界的な環境、社会、ガバナンスの基準では、モリブデン銅板の生産においてエネルギー消費と廃棄物を削減することが求められています。	モリブデン-銅廃棄物をリサイクルして Mo70Cu30 を製造します。
YS/T 1546-2022	中国の業界標準「モリブデン銅合金板」は化学組成と物理的特性を規定しています。	Mo70Cu30 の密度は約 9.6 g/cm ³ で、電子パッケージングや航空宇宙に適しています。
ISO9001	モリブデン銅板生産企業の品質管理に使用される国際品質管理システム規格。	当社は ISO 9001 認証を取得し、Mo50Cu50 の生産プロセスを最適化しました。
ISO 14001	国際環境管理システム規格では、モリブデン銅板の製造において環境への影響を低減することが求められています。	エネルギー消費を削減するために、モリブデン銅板の製造には低温焼結技術が使用されています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

参照

- [1] 国際標準化機構（1976年）ISO 1553:1976: 銅含有量 99.90%以上の非合金銅—銅含有量の測定—電解法ジュネーブ、スイス：ISO。
- [2] 国際標準化機構（1976年）ISO 1554:1976: 展伸銅合金及び鑄造銅合金—銅含有量の測定—電解法ジュネーブ、スイス：ISO。
- [3] 国際標準化機構（2015年）「ISO 9001:2015: 品質マネジメントシステム—要求事項」ジュネーブ、スイス：ISO。
- [4] 国際標準化機構（2015年）「ISO 14001:2015: 環境マネジメントシステム—要求事項及び利用の手引き」ジュネーブ、スイス：ISO。
- [5] Callister, WD, & Rethwisch, DG (2020). 材料科学と工学：入門（第10版）. ホーボーケン, ニュージャージー: Wiley.ASM International. (1990). ASM ハンドブック 第2巻：特性と選定：非鉄合金および特殊用途材料. マテリアルズパーク, オハイオ州: ASM International.



CTIA GROUP LTD モリブデン銅板の写真

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