

モリブデンシートとは

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

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 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

コンテンツ

第1章 モリブデンシートの概要

- 1.1 モリブデンシートの定義
- 1.2 モリブデンシートの仕様
- 1.3 モリブデンシートの特性
 - 1.3.1 モリブデンシートの外観特性
 - 1.3.1.1 黒褐色のモリブデンシートの外観と原因
 - 1.3.1.2 アルカリ洗浄後のモリブデンシートのシルバーグレー光沢と処理原理
 - 1.3.1.3 モリブデンシートの平坦度

第2章 モリブデンシートの性能

- 2.1 モリブデンシートの物性
 - 2.1.1 モリブデンシートの密度
 - 2.1.2 モリブデンシートの融点
 - 2.1.3 モリブデンシートの沸点
 - 2.1.4 モリブデンシートの導電率
 - 2.1.5 モリブデンシートの熱伝導率
 - 2.1.6 モリブデンシートの熱膨張係数
- 2.2 モリブデンシートの機械的性質
 - 2.2.1 モリブデンシートの高強度
 - 2.2.2 モリブデンシートの延性
 - 2.2.3 高温でのモリブデンシートの耐クリープ性
 - 2.2.4 モリブデンシートの硬度
 - 2.2.5 モリブデンシートの韌性
 - 2.2.6 モリブデンシートの耐疲労性
- 2.3 モリブデンシートの化学的性質
 - 2.3.1 モリブデンシートの耐食性
 - 2.3.2 モリブデンシートの耐酸化性
- 2.4 CTIA GROUP LTD モリブデンシート MSDS

第3章 モリブデンシートの分類

- 3.1 純度によるモリブデンシートの分類
 - 3.1.1 高純度モリブデンシート(純度 99.95% $\geq$)
 - 3.1.2 通常の純度のモリブデンシート(純度 99% $\sim$ 99.9%)
- 3.2 製造工程によるモリブデンシートの分類
 - 3.2.1 粉末冶金によって製造されたモリブデンシート
 - 3.2.2 圧延法により製造された熱間圧延モリブデンシート
 - 3.2.3 圧延法により製造された冷間圧延モリブデンシート
- 3.3 応用分野によるモリブデンシートの分類
 - 3.3.1 電子分野で使用されるモリブデンシート

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 3.3.2 冶金産業で使用されるモリブデンシート
- 3.3.3 化学工業で使用されるモリブデンシート
- 3.3.4 航空宇宙分野で使用されるモリブデンシート
- 3.3.5 他の分野で使用されるモリブデンシート

第4章 モリブデンシートの製造と準備プロセス

- 4.1 モリブデンシートの製造前の原材料の準備
 - 4.1.1 モリブデン鉱石の種類と特性
 - 4.1.1.1 モリブデンの特性と分布
 - 4.1.2 モリブデン鉱石の採掘方法と選鉱方法
 - 4.1.2.1 モリブデン鉱石の露天掘りプロセスとポイント
 - 4.1.2.2 モリブデン鉱石の地下採掘方法
 - 4.1.2.3 モリブデン鉱石の浮選法の原理とプロセス
 - 4.1.2.4 モリブデン鉱石の重力分離法の原理とプロセス
 - 4.1.2.5 モリブデン鉱石の磁気分離の原理とプロセス
 - 4.1.3 モリブデン精鉱の精製と交換
 - 4.1.3.1 モリブデン精鉱の酸化的焙煎-アンモニア浸出精製プロセス
 - 4.1.3.2 モリブデン精鉱の酸化的焙煎酸浸出精製プロセス
 - 4.1.3.3 モリブデン濃縮抽出物からのモリブデン粉末の調製
- 4.2 モリブデンシートの成形プロセス
 - 4.2.1 粉末冶金によるモリブデンシートの調製
 - 4.2.2 圧延プロセスによるモリブデンシートの調製
 - 4.2.2.1 熱間圧延プロセスによるモリブデンシートの調製
 - 4.2.2.2 冷間圧延法によるモリブデンシートの調製

第5章 モリブデンシートの製造および性能試験装置

- 5.1 モリブデン鉱石の採掘設備
 - 5.1.1 モリブデン鉱石の露天掘り採掘設備
 - 5.1.2 モリブデン鉱石の地下採掘設備
- 5.2 モリブデン鉱石の鉱物処理装置
 - 5.2.1 モリブデン鉱石の破碎装置
 - 5.2.2 モリブデン鉱石の粉碎装置
 - 5.2.3 モリブデン鉱石の等級付け装置
 - 5.2.4 モリブデン鉱石の浮選装置
- 5.3 モリブデンシートの成形設備
 - 5.3.1 モリブデンシートの粉末冶金装置
 - 5.3.1.1 モリブデンシート用粉末プレス装置
 - 5.3.1.2 モリブデンシートの焼結装置
 - 5.3.2 モリブデンシート用圧延装置
 - 5.3.2.1 モリブデンシート用熱間圧延機
 - 5.3.2.2 モリブデンシートの冷間圧延機
- 5.4 モリブデンシートの性能試験装置

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 5.4.1 モリブデンシートの密度測定装置
- 5.4.2 モリブデンシートの融点試験装置
- 5.4.3 モリブデンシートの導電率試験装置
- 5.4.4 モリブデンシートの熱伝導試験装置
- 5.5 モリブデンシートの機械的特性試験装置
- 5.5.1 モリブデンシートの機械的特性をテストするための万能材料試験機
- 5.5.2 硬さ試験機は、モリブデンシートの機械的特性をテストします
- 5.5.3 モリブデンシートの機械的特性をテストするための衝撃試験機

第6章モリブデンシートの性能試験方法

- 6.1 モリブデンシートの密度試験方法
- 6.2 モリブデンシートの融点試験方法
- 6.3 モリブデンシートの熱安定性の試験方法
- 6.4 モリブデンシートの導電率試験方法
- 6.5 モリブデンシートの熱伝導率試験方法
- 6.6 モリブデンシートの熱膨張係数の試験方法
- 6.7 モリブデンシートの強度試験方法
- 6.8 モリブデンシートの硬さの試験方法
- 6.9 モリブデンシートの靱性の試験方法
- 6.10 モリブデンシートの延性試験方法
- 6.11 モリブデンシートの疲労特性の試験方法
- 6.12 モリブデンシートの耐食性試験方法
- 6.13 モリブデンシートの耐酸化性試験方法

第7章モリブデンシートの応用分野

- 7.1 電子情報分野におけるモリブデンシートの応用
 - 7.1.1 半導体へのモリブデンシートの応用
 - 7.1.2 電極材料へのモリブデンシートの適用
 - 7.1.3 リードフレームへのモリブデンシートの適用
- 7.2 サファイア結晶成長炉におけるモリブデンシートの応用
 - 7.2.1 モリブデンシート製造のためのサファイア結晶成長炉の反射スクリーン
 - 7.2.2 サファイア結晶成長炉カバーの製造用モリブデンシート
- 7.3 真空炉におけるモリブデンシートの応用
 - 7.3.1 モリブデンシート製造のための真空炉内の反射スクリーン
 - 7.3.2 モリブデンシート製造のための真空炉内の熱
 - 7.3.3 モリブデンシート製造用の真空炉のコネクタ
- 7.4 プラズマコーティングにおけるモリブデンシートの応用
 - 7.4.1 プラズマコーティング用スパッタリングターゲットとしてのモリブデンシート
- 7.5 冶金産業におけるモリブデンシートの応用
 - 7.5.1 製鋼における添加剤としてのモリブデンシートの適用
- 7.6 モリブデンシートの高温炉構造への適用
 - 7.6.1 モリブデンシートの熱シールドへの適用

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 7.6.2 発熱体へのモリブデンシートの適用
- 7.7 化学機器の防食におけるモリブデンシートの応用
 - 7.7.1 原子炉のライニングへのモリブデンシートの塗布
 - 7.7.2 パイプ部品へのモリブデンシートの適用
- 7.8 サテライト部品へのモリブデンシートの適用
 - 7.8.1 アンテナ部品へのモリブデンシートの適用
 - 7.8.2 熱制御システムのラジエーターへのモリブデンシートの適用

第 8 章 モリブデンシートの製造における安全性と環境保護の問題

- 8.1 モリブデンシートの製造における安全性の問題
- 8.2 モリブデンシートの製造における環境問題

第 9 章 モリブデンシートの国内外の規格

- 9.1 モリブデンシートの中国国家規格
- 9.2 モリブデンシートの国際規格
- 9.3 ヨーロッパ、アメリカ、日本、韓国、および世界中の他の国々のモリブデンシート規格

第 10 章 モリブデンシートの事実と数字

- 10.1 モリブデン錠剤の主な事実は何ですか
- 10.2 モリブデンシートの全データ(性能、製造、アプリケーション仕様)

付録: モリブデンチップの多言語用語集(中国語、英語、日本語、韓国語)

参照

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 Sheet Introduction

1. Overview of Molybdenum Sheet

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

2. Features of Molybdenum Sheet

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

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

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

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

3. Specifications of Molybdenum Sheet

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

4. Production Process

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

5. Purchasing Information

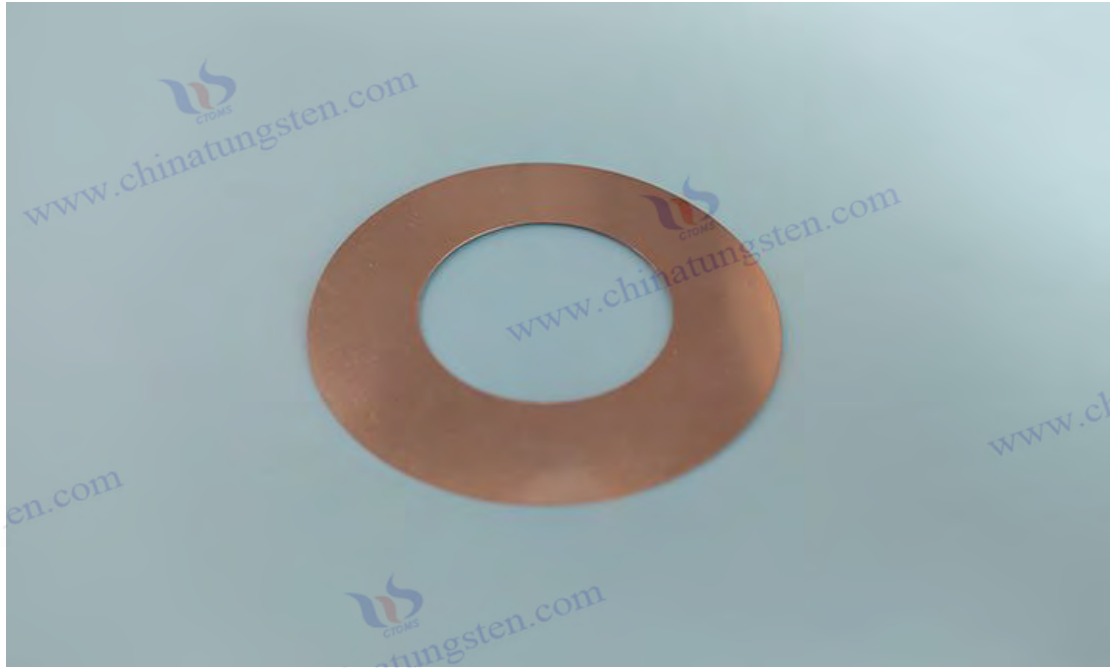
Email: sales@chinatungsten.com; Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: molybdenum.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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 モリブデンシート

第1章 モリブデン錠の概要

1.1 モリブデンシートの定義

モリブデンシート は、粉末冶金、圧延、鍛造などのプロセスを経て、高純度のモリブデン金属(純度は通常 99.95%以上に達する)で作られた薄いシート材料であり、その外観はシルバークレーの金属光沢を示しています。モリブデン(化学記号 Mo、原子番号 42)は、そのユニークな物理的および化学的特性により、産業および科学技術において重要な位置を占める珍しい遷移金属です。

モリブデン金属加工の一形態として、モリブデンシートは通常、非常に薄い厚さ(0.01mm から 3mm の範囲)で提供され、航空宇宙、電子産業、原子力エネルギー、医療機器、および高温ストーブで広く使用されています。その高融点(約 2620°C)と高強度により、特に高温耐性と耐食性を必要とする極端な環境に最適です。

モリブデンシートの製造工程では、通常、モリブデン石(MoS_2)からモリブデンを抽出し、焼結、熱間圧延、冷間圧延、焼鈍などの複数の工程を経て、特定の特性を持つ薄いフレークを作製します。この材料は、従来の産業で重要な役割を果たすだけでなく、半導体製造や新エネルギー装置などの新興技術分野でもかけがえのない価値を示しています。

1.2 モリブデンシートの仕様

次の表は、モリブデンシートの一般的な仕様、カバーの厚さ、幅、長さ、表面処理タイプ、およびさまざまな産業シナリオのニーズを満たすための関連するパフォーマンス指標を詳述し

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

た表です。

パラメータ	仕様範囲	所見
厚さ	0.01 mm - 3 mm	高精度な電子部品には 0.01-0.1mm の極薄箔を、構造部品には>1mm の厚板を使用しています
幅	50 mm - 600 mm	それは顧客の必要性に従ってカスタマイズすることができ、ある広いモリブデン シートは特別な圧延装置を必要とします
長さ	カスタムの長さまたはロールフォーム	コイル形態は連続生産に使用され、切断長さは用途によって異なります
表面処理	ポリッシュ、ピクルス、サンドブラスト	研磨面は半導体に適しており、ピクルス面は真空環境下で用し、サンドブラスト面は密着性を高めます
厚さの許容誤差	± 0.005 mm - ±02 mm	厚さに応じて ASTM B386 に準拠
材料の純度	≥99.95%	高純度モリブデンシートには、ランタン、チタン、その他の元素(TZM 合金など)をドーピングして性能を向上させることができます
焼きなまし状態	応力除去アニーリング、完全アニーリング	アニーリング温度は 1100~1300°C で、延性が向上し、脆性が低減されます
表面粗さ	Ra 0.8μm–Ra 3.2μm	研磨面の粗さは最も低く、サンドブラスト面の粗さは高くなります

市場では、CTIA GROUP LTD モリブデンシートなどのブランド製品は ASTM B386 規格に厳密に準拠しており、厚さの公差は±0.005 mm 以内に制御でき、表面粗さ Ra 値は 0.4 ミクロンと低く、ハイエンドアプリケーションの厳しい要件を満たしています。モリブデンシートの仕様は、合金組成(TZM モリブデン合金など)またはドーピング元素(ランタンやチタンなど)に応じて最適化することもでき、航空宇宙、原子力産業、半導体製造などのセクターの特別なニーズを満たすことができます。例えば、TZM モリブデン合金シートは、高温強度と耐クリープ性の点で純粋なモリブデンシートよりも優れており、高温環境(1500°C 以上)に適しています。

1.3 モリブデンシートの特性

モリブデンシートは、そのユニークな材料特性により、多くの高性能材料の中で際立っています。まず第一に、モリブデンシートは非常に高い融点(2620°C)を持ち、タングステン、レニウム、その他の金属に次ぐため、1200°C で 700MPa を超える引張強度など、高温環境でも優れた機械的強度を維持できます。第二に、モリブデンシートの熱膨張係数は低い(約 $4.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)、これは多くのセラミック材料や半導体基板の熱膨張係数と一致するため、遮熱コーティングや電子パッケージングの重要な用途となっています。また、モリブデンシートは熱伝導性に優れ(熱伝導率約 138W/m・K)、効果的に放熱できるため、高温ストーブの熱シー

ルドや電子機器の放熱基板に適しています。ただし、モリブデンシートは室温では脆く、体心立方晶構造により低温での延性は制限されますが、再結晶温度(1000~1200°C)に加熱すると延性が大幅に向上し、さらなる加工に便利です。また、モリブデンシートは、特に酸性環境や非酸化性雰囲気では優れた耐食性を示しますが、酸化性雰囲気では揮発性酸化物(MoO_3 など)が発生しやすいため、真空または不活性ガス保護下で 사용되는ことがよくあります。また、モリブデンシートは電気伝導率が高い(抵抗率約 $5.2 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$)ため、エレクトロニクス業界での電極材料やターゲットとして使用することができます。全体として、モリブデンシートは高強度、高温耐性、低熱膨張、優れた熱伝導率と電気伝導性を備えているため、航空宇宙、原子力産業、半導体製造に欠かせない材料となっています。

1.3.1 モリブデンシートの外観特性

1.3.1.1 黒褐色のモリブデンシートの外観と原因

未処理のモリブデンシートは、製造中に黒褐色の外観を呈することがよくありますが、これは主に表面に形成される酸化物層による特性です。圧延や焼鈍などのモリブデンシートの加工中に、モリブデン金属が空気にさらされると、その表面は酸素と反応して酸化モリブデン(MoO_3 または MoO_2)を形成します。これらの酸化物は通常、黒褐色または暗灰色で、モリブデンシートの表面を覆い、薄くて緻密な酸化膜を形成します。酸化反応の発生は、処理環境の温度と酸素濃度と密接に関連しています。例えば、高温(800-1000°C)での焼鈍の過程で、モリブデン表面は、真空やアルゴンや窒素などの不活性ガスで保護されていないと、酸化されやすくなります。さらに、モリブデンシートの黒褐色の外観は、圧延プロセスで 사용되는潤滑剤の残留物や微量表面の不純物によっても影響を受ける可能性があります。これらの潤滑剤は高温で炭化し、微量の炭素系化合物を形成し、表面の色をさらに暗くします。黒褐色の酸化物層は、モリブデンシートをさらなる腐食からある程度保護しますが、半導体ターゲットや電子部品などの高精度なアプリケーションでは、表面の清浄度と一貫した性能を確保するために、この酸化物層を後処理で除去する必要があることがよくあります。

1.3.1.2 アルカリ洗浄後のモリブデンシートのシルバークレー光沢と処理原理

苛性ソーシングにより、モリブデンシートの表面は、モリブデン金属の本質的な特性であるだけでなく、その高純度と表面の清浄さを反映した特徴的なシルバークレーの金属光沢を帯びることができます。苛性洗浄プロセスでは、通常、水酸化ナトリウム(NaOH)や水酸化カリウム(KOH)などの強アルカリ溶液を使用して、モリブデンシートを特定の温度(50~80°C)に浸し、表面から酸化物、グリース、有機残留物を除去します。苛性洗浄の化学原理は、酸化モリブデンとアルカリ溶液との反応に基づいており、例えば、 MoO_3 は NaOH と反応して可溶性モリブデン酸ナトリウム(Na_2MoO_4)を生成します。)、それによって表面の酸化物層が剥がれ、モリブデン金属の真の色が明らかになります。さらに、苛性ソーシングの後には、二次酸化を防ぎ、表面に残留化学物質が存在しないことを確認するために、脱イオン水すすぎおよび乾燥プロ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

セスが続くことがよくあります。苛性洗浄モリブデンシートの表面粗さは、Ra0.4 ミクロンまで低くすることができ、鏡のようなシルバークレーの光沢を示し、美観を向上させるだけでなく、ガス放出率を低下させるなど、真空環境でのモリブデンシートの性能を大幅に向上させ、真空炉やスパッタリングターゲットでの使用に適しています。苛性洗浄プロセスの正確な制御は、苛性洗浄プロセスを最適化して表面仕上げと一貫性を確保し、高精度モリブデンシートの ASTM B386 規格の要件を満たすことにより、CTIA GROUP LTD モリブデンシートなどのハイエンドモリブデンシート製品にとって特に重要です。

1.3.1.3 モリブデンシートの平坦度

モリブデンシートの平坦性は、特に薄膜蒸着、電子パッケージング、精密機械部品などの高精度アプリケーションにおいて、その外観特性とアプリケーション性能の重要な指標です。平坦度は通常、表面のうねりまたは平坦度の偏差によって定量化され、高品質のモリブデンシートの平坦度の偏差は $\pm 0.01 \text{ mm/m}$ 以内に制御できます。モリブデンシートの平坦度は、圧延工程、焼鈍処理、材料の厚さなど、さまざまな要因の影響を受けます。極薄のモリブデンシート(厚さ 0.1mm <)は、冷間圧延プロセス中に内部応力が発生しやすく、表面のわずかなうねりや波紋が発生するため、結晶粒構造を改善して応力を緩和するには、精密な応力除去焼鈍($1100\text{--}1300^{\circ}\text{C}$)が必要です。厚いモリブデンシート($>1\text{mm}$)は、材料の剛性が高いため比較的制御が容易ですが、圧延プロセス中の過度の変形や不均一な冷却は避ける必要があります。最先端の圧延装置とマルチパスアニーリングプロセスにより、例えば真空アニーリング炉による温度勾配と冷却速度を制御し、モリブデンシートの表面うねりを最小限に抑えることにより、モリブデンシートの平坦性を大幅に向上させることができます。また、平坦度は表面処理にも関係しており、研磨や酸洗後のモリブデンシートは、表面応力分布がより均一であるため、通常、平坦度が高くなります。実際には、平坦度の高いモリブデンシートは、薄膜形成時にターゲットと基板の間に良好なフィットを確保したり、電子パッケージの熱応力集中を減らしたりして、コンポーネントの寿命を延ばすことができます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP LTD モリブデンシート

第2章 モリブデンシートの性能

2.1 モリブデンシートの物性

CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、その優れた物理的特性で好まれ、密度、融点、沸点、電気伝導率、熱伝導率、熱膨張係数などの主要な特性をカバーする、航空宇宙、電子機器、高温用途で使用されています。これらの特性は、モリブデンの体心立方晶構造とプラトー結合エネルギーによるもので、極限環境下でも優れた安定性と機能性を発揮します。以下では、モリブデンシートの熱膨張係数、および機械的特性におけるその高強度、延性、および高温耐クリープ性について詳しく説明します。また、専門的なデータとプロセスの背景に基づいて詳細な分析を行い、高精度および高温シナリオでのその適用価値を明らかにします。

2.1.1 モリブデンシートの密度

モリブデンシートの密度は、その物理的特性の重要な指標であり、通常は約 10.22 g/cm^3 (20°C) で、タングステン (19.25 g/cm^3) よりもわずかに低いですが、鉄 (7.87 g/cm^3) やアルミニウム (2.70 g/cm^3) などの多くの一般的な金属よりも高くなっています。この密度値は、モリブデン金属の原子配列がコンパクトであることを反映しており、高強度を維持しながら比較的軽量であるため、航空宇宙部品の熱シールドや高温炉など、強度と重量の両方を必要とする用途に適しています。モリブデンシートの密度は、その純度と微量のドーパント元素の影響を受けます。例えば、高純度モリブデンシート (純度 99.95%) の密度は理論値に近いですが、ランタンやチタンをドーパした TZM モリブデン合金シートは、他の元素を少量添加することで密度がわずかに変化することがあります (通常は $10.16 \sim 10.20 \text{ g/cm}^3$)。製造工程では、モリブデンシートの密度は、粉

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

末冶金とその後の圧延プロセスによって正確に制御されます。初期のモリブデン粉末の粒子サイズと焼結条件(例:温度 1800-2000°C、真空または水素保護)はブランクの密度に影響を与えますが、冷間圧延とアニーリングの複数回のパスはさらに内部の多孔性を排除し、モリブデンシートの均一な密度を確保します。密度の一貫性は、薄膜の成膜やターゲットアプリケーションにとって特に重要であり、小さな密度偏差はスパッタリング速度の不均一や材料特性の不安定さにつながる可能性があります。実際の測定では、通常、アルキメデス排水法または X 線密度計によってモリブデンシートの密度を確認し、誤差は $\pm 0.01\text{g/cm}^3$ 以内に制御され、高精度なアプリケーションのニーズを満たすことができます。

2.1.2 モリブデンシートの融点

モリブデンシートの融点は、その最も顕著な物理的特性の 1 つであり、約 2620°C(2893 K)で、一般的な金属の中でタングステン(3422°C)とレニウム(3180°C)に次ぐものです。この非常に高い融点により、モリブデンシートは高温環境でも優れた性能を発揮し、真空炉、原子炉、航空宇宙エンジンの耐熱部品に広く使用されています。モリブデンの高い融点は、その強力な金属結合と体心立方晶構造によるものであり、高温で高い機械的強度を提供します。例えば、1200°C でもモリブデンシートの引張強度は 700MPa 以上に維持でき、これは他の多くの金属材料よりもはるかに高い数値です。融点の安定性はモリブデンシートの純度にも密接に関係しており、モリブデンシートの純度は、不純物含有量が非常に低いため、高純度モリブデンシートの理論値($\geq 99.95\%$)に近く、微量の不純物(炭素、酸素、窒素など)は融点をわずかに低下させたり、局所的な特性変化を引き起こしたりする可能性があります。製造工程では、モリブデンシートの融点特性は、原材料の精製と加工環境を厳密に制御することにより維持されます。例えば、モリブデンジスulfide(MoS_2)は、酸化物介在物が材料特性に影響を与えるのを避けるために、精製後に真空または還元雰囲気中で高温で焼結する必要があります。また、モリブデンシートは高温用途での酸化傾向に注意する必要があり、600°C 以上の酸化雰囲気ではモリブデンが急速に揮発性酸化物(MoO_3 など)を形成するため、その高い融点を生かすために真空下やアルゴンや窒素などの不活性ガスの保護下で使用されることが多いです。モリブデンシートのこの特性により、高温炉での熱シールド、スパッタリングターゲット、超合金基板に最適です。

2.1.3 モリブデンシートの沸点

モリブデンシートの沸点は、その物理的特性のもう一つの重要な特性であり、約 4639°C(4912 K)で、金属材料の分野で最も高いものの 1 つであり、タングステン(5555°C)やレニウム(5596°C)などのいくつかの高融点金属に次ぐものです。この非常に高い沸点により、モリブデンシートは超高温条件下でも構造的に安定しており、プラズマ溶射、真空蒸着、高温溶融装置など、超高温運転が必要な用途に特に適しています。モリブデンの高沸点は、金属結合が強く、蒸気圧が低い(蒸気圧が 3000°C で約 10^{-10}Pa)ことと密接に関係しているため、融点に近い温度でもモリブデンシートの揮発損失が極めて低く、長期間にわたって物理的形状を維持することができます。沸点の安定性はモリブデンシートの純度に影響され、高純度モリブデンシートの不純物含有量が少ない($\geq 99.95\%$)ため理論値に近くなりますが、微量の不純物(酸素や炭素など)は局所的な揮発や表面欠陥を引き起こす可能性があります。製造工程では、高純度の原材料の選択と真空環境での加工プロセスにより、モリブデンシートの沸点特性が最適化されます。例えば、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

真空焼結または焼鈍(温度は通常 1800~2000°C に制御される)中に、酸化物または窒化物の形成を効果的に低減し、高温での材料の安定性を確保することができる。モリブデンシートは沸点が高いため、航空宇宙産業(ロケットノズルライニングなど)や半導体産業(高温蒸発船など)で独自の利点がありますが、酸化物の揮発による材料の損失を防ぐために、酸化性雰囲気での高温暴露は避ける必要があります。

2.1.4 モリブデンシートの導電率

モリブデンシートの導電率は、エレクトロニクス業界での幅広い用途の重要な基礎であり、その抵抗率は約 $5.2 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ (20°C で)であり、対応する導電率は $1.92 \times 10^7 S / m$ であり、良好な導電率を示しています。銅(抵抗率 $1.68 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$)や銀($1.59 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$)と比較して、モリブデンシートは導電性がわずかに劣りますが、高温での導電安定性は多くの一般的な導体材料よりもはるかに高くなっています。たとえば、1000°C では、モリブデンシートの抵抗率は約 2.5 倍にしか増加しませんが、銅の抵抗率は 5 倍以上増加する可能性があります。この高温伝導安定性により、モリブデンシートは電極材料、スパッタリングターゲット、および高温回路部品に最適です。モリブデンシートの導電率はその結晶構造と純度と密接に関連しており、モリブデン金属の体心立方構造は電子移動度が高く、高純度($\geq 99.95\%$)は粒界散乱と不純物耐性を減らすことができます。製造工程では、圧延工程と焼鈍条件を制御することにより、モリブデンシートの導電性をさらに最適化します。例えば、応力除去焼鈍(1100-1300°C)は、結晶粒組織を改善し、粒界抵抗を低減し、導電率を高めます。さらに、研磨や酸洗などの表面処理により、酸化物層が表面の導電率に及ぼす影響を低減し、真空または不活性環境でのモリブデンシートの安定した電気的特性を確保します。モリブデンシートの電気伝導性は、導電性薄膜を成膜するためのスパッタリングターゲットや X 線管のアノード材料など、半導体製造において特に重要です。

2.1.5 モリブデンシートの熱伝導率

モリブデンシートの熱伝導率は、高温放熱および熱管理アプリケーションにおける重要な利点であり、熱伝導率は 20°C で約 $138 W / m \cdot K$ で、アルミニウム($237 W / m \cdot K$)に近いですが、ステンレス鋼(約 $16 W / m \cdot K$)よりもはるかに高くなっています。この優れた熱伝導性により、モリブデンシートは熱を素早く伝達することができ、高温炉の熱シールドや電子機器の放熱基板、航空宇宙部品の熱マネジメントなどに広く利用されています。モリブデンシートの熱伝導率は、その電子構造と結晶規則性と密接に関連しており、モリブデン金属の体心立方構造は自由電子密度が高く、熱の急速な伝導を助長します。熱伝導率は温度が上昇するとわずかに低下します(たとえば、1000°C で約 $100 W / m \cdot K$)ですが、それでもほとんどの高温用途には十分です。モリブデンシートの熱伝導率は、その純度と微細構造によっても影響を受け、高純度のモリブデンシート($\geq 99.95\%$)は粒界や不純物の散乱が少ないため熱伝導率が高くなりますが、ド

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ープされた合金(TZM など)は、元素の添加により熱伝導率がわずかに低下する可能性があります(約 $120\text{--}130\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)。製造時には、真空焼結による内部多孔性の低減や、冷間圧延やアニールによる結晶粒度制御による熱抵抗の最小化など、焼結・圧延プロセスの最適化により、モリブデンシートの熱伝導率が向上します。実用化では、モリブデンシートの熱伝導性により、半導体パッケージのヒートシンク材料や高温炉の熱シールド層として使用され、温度勾配を効果的に低減し、機器の寿命を延ばすことができます。

2.1.6 モリブデンシートの熱膨張係数

モリブデンシートの熱膨張係数は、高温用途での重要な物理的特性であり、平均して約 $4.8\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ($20\text{--}1000^{\circ}\text{C}$ の範囲)で、銅($16.5\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)およびアルミニウム($23.1\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)をはるかに下回っています。しかし、これは多くのセラミック材料(アルミナなど、約 $7\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)や半導体基板(シリコンなど、約 $2.6\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)の熱膨張係数と似ています。この低い熱膨張係数により、モリブデンシートは高温環境での熱応力を効果的に低減できるため、電子パッケージング、薄膜蒸着、遮熱コーティングなど、熱マッチングが必要なアプリケーションに最適です。熱膨張係数が低いのは、モリブデン金属の体心立方晶構造によるもので、モリブデン金属は原子間結合力が強く、高温での結晶格子の膨張を制限します。

モリブデンシートの熱膨張性能は、その純度と加工技術にも影響され、高純度モリブデンシート($\geq 99.95\%$)はより安定した熱膨張係数を持っていますが、ドーパされた合金(TZM など、チタンとジルコニウムを含む)は熱膨張係数(約 $5.0\text{--}5.3\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)をわずかに増加させる可能性があります。)。製造工程では、熱膨張係数の均一性は、精密な圧延および焼鈍プロセス、例えば真空焼鈍($1100\text{--}1300^{\circ}\text{C}$)によって制御され、結晶粒構造を最適化し、微視的な応力集中を低減し、一貫した熱膨張挙動を確保します。モリブデンシートの熱膨張係数が低いことは、チップパッケージの基板材料など、半導体製造において特に重要であり、温度変化による熱不整合応力を効果的に低減し、デバイスの信頼性を向上させることができます。さらに、高温炉や航空宇宙部品では、モリブデンシートの低熱膨張特性が構造安定性を維持し、耐用年数を延ばすのに役立ちます。

2.2 モリブデンシートの機械的性質

高強度、延性、高温での耐クリープ性など、モリブデンシートの機械的特性は、過酷な用途におけるモリブデンシートの主な利点です。モリブデン金属の体心立方晶構造は、優れた機械的強度を提供しますが、ある程度の低温脆性ももたらします。冷間圧延、熱間圧延、焼鈍などの高度な加工技術により、モリブデンシートの機械的特性を最適化し、周囲温度と高温の両方で優れた性能を発揮することができます。以下では、モリブデンシートの高強度、延性、耐クリープ性を詳細に分析し、専門的なデータを使用して航空宇宙、原子力産業、高温炉への適用性を明らかにします。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.2.1 モリブデンシートの高強度

モリブデンシートの高強度は、高負荷および高温環境での重要な特性であり、その引張強度は室温で 800~1000 MPa に達する可能性があり、これはアルミニウム(約 200 MPa)やステンレス鋼(約 500 MPa)などの多くの一般的な金属よりもはるかに高いです。1200°C などの高温でも、モリブデンシートの引張強度は 700MPa 以上に維持でき、優れた強度安定性を示します。この高い強度は、モリブデンの強力な金属結合と高い弾性率(約 320 GPa)に由来し、大きな機械的ストレスに耐えることができます。モリブデンシートの強度は、その純度と加工技術に影響され、高純度モリブデンシート($\geq 99.95\%$)は粒界の不純物が少ないため強度が高く、ドーブされた合金(TZM など)は、チタン、ジルコニウム、その他の元素を添加することにより、高温強度(最大 1200MPa 以上)を向上させます。製造工程では、モリブデンシートの強度は、マルチパス圧延と応力緩和焼鈍によって最適化されます。冷間圧延法は転位と粒の微細化を導入することで強度を大幅に向上させ、焼鈍(1100-1300°C)は強度と靱性のバランスを取り、過度の脆化を防ぎます。モリブデンシートの高強度は、航空宇宙分野(タービンブレードの支持構造など)や原子力産業(原子炉容器のライニングなど)で重要な用途となり、極端な機械的負荷や高温ストレスに耐えることができます。

2.2.2 モリブデンシートの延性

モリブデンシートの延性は、その機械的特性の重要な側面であり、その体心立方晶構造は室温である程度の脆性を示しますが、適切な条件下で良好な延性を達成できます。室温では、モリブデンシートは通常、銅などの高延性金属(約 50%)よりも低い 5~10%の破断点伸びを持っていますが、高温処理またはアニールによって大幅に改善できます。例えば、1000~1200°C の再結晶温度では、モリブデンシートの破断点伸びを 20%以上に増やすことができ、複雑な形状の成形に適しています。延性の向上は結晶粒構造の最適化と密接に関連しており、冷間圧延モリブデンシートは故障密度が高いために脆いですが、真空焼鈍(1100-1300°C)によって結晶粒の再結晶を促進することができ、内部応力と転位密度を減らすことができるため、延性が向上します。高純度モリブデンシート($\geq 99.95\%$)は、不純物が少ないため延性が優れていますが、ドーブ合金(TZM など)は高温での延性がわずかに低下しますが、低温では純粋なモリブデンよりも優れています。製造工程では、モリブデンシートの延性は、精密に制御されたローリングパスと、小さな変形を伴う複数のパスによるローリングと低温アニールを組み合わせた低温アニールなどのアニールプロセスによって最適化され、強度を維持しながら延性が向上します。モリブデンシートの延性により、モリブデンシートは、半導体業界のフレキシブル基板やターゲットなどの薄膜蒸着、スタンピング、精密機械加工に広く使用されています。

2.2.3 高温でのモリブデンシートの耐クリープ性

高温でのモリブデンシートの耐クリープ性は、特に航空宇宙や高温ストーブなどの用途にお

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

いて、高温での長期負荷下での重要な利点です。クリープとは、高温および一定の応力で材料がゆっくりと変形することを指し、モリブデンシートは、1200°C で 10^{-6} 、100MPa 応力/s などの高温(1000-1500°C)で非常に低いクリープ率を持ち、ステンレス鋼(約 10^{-4} /s)よりもはるかに優れています。この優れた耐クリープ性は、モリブデン金属の高い融点と強い金属結合、および高温での体心立方晶構造の安定性によるものです。ドーピングされた合金(例えば、TZM は、チタン、ジルコニウムおよびカーボンを添加して沈殿相を形成することにより、耐クリープ性をさらに高め、それらのクリープ強度は純粋なモリブデンと比較して 30~50%増加させることができます。生産時には、焼結温度(1800-2000°C)や冷却速度の制御など、粒径やドーピングプロセスの最適化により耐クリープ性を向上させ、粒界のすべりやクリープ変形を低減する微細で均一な粒状構造を実現しています。また、モリブデンシートの耐クリープ性は、表面状態や使用環境にも関係しており、真空または不活性雰囲気では、モリブデンシートは酸化物の形成を回避し、長期的な高温安定性を維持することができます。モリブデンシートの高温での耐クリープ性により、高温炉の内部、原子炉の支持構造、航空宇宙の高温部品には欠かせません。

2.2.4 モリブデンシートの硬度

CTIA GROUP LTD モリブデンシートの硬度は、その機械的特性の重要な実施形態であり、耐摩耗性および高負荷用途で大きな利点があります。モリブデンシートの硬度は通常、ピッカース(HV)またはブリネル(HB)で表され、室温での高純度モリブデンシート(純度 $\geq 99.95\%$)のピッカース硬度範囲は 220~250 HV であり、これは約 230~260 HB のブリネル硬度に相当し、アルミニウム(約 30 HV)よりもはるかに高く、一部の低合金鋼に近いです。この高い硬度は、モリブデン金属の体心立方晶構造とその強力な原子結合力によるもので、表面の引っかき傷や変形に効果的に耐えることができます。冷間圧延モリブデンシートの硬度は、転位密度の増加により 280HV 以上に増やすことができますが、焼きなまし(1100-1300°C)の硬度は、靱性のバランスをとるために 200-220HV にわずかに減少します。TZM(チタン、ジルコニウム、炭素を含む)などのドーピング合金は、析出強化メカニズムにより 300~350HV の硬度に達することができます。高温および高負荷環境に特に適しています。製造工程では、圧延変形の量と焼鈍工程を制御することにより、硬度を正確に調整します。たとえば、マルチパス冷間圧延と低温焼鈍を組み合わせ、粒径を最適化し、高い硬度を維持し、脆性を回避します。モリブデンシートは硬度が高いため、スパッタリングターゲット、切削工具コーティング基板、高温金型に優れており、機械的摩耗や表面応力にも耐えます。

2.2.5 モリブデンシートの靱性

モリブデンシートの靱性は、エネルギーを吸収し、力を受けたときに破壊に抵抗する能力を指しますが、その体心立方晶構造は室温である程度の脆性を示しますが、適切なプロセスの最適化により、モリブデンシートは適度な靱性を示すことができます。室温では、モリブデンシートの破壊靱性(K_{IC})は通常 $10 \sim 15 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ であり、銅などの高靱性金属(約 $50 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$\sim 1/2$)よりも低くなりますが、高温(1000~1200°C)では、韌性が大幅に向上し、破壊靱性は 20 MPa $\cdot$ m $^{1/2}$ 以上に達する可能性があります。これは、高温での粒界滑りと転位運動の増強によるもので、脆性破壊傾向が減少します。モリブデンシートの靱性は純度と微細構造の影響を受け、高純度モリブデンシート($\geq 99.95\%$)は、不純物が少ないため、粒界がきれいで靱性が優れていますが、TZM などのドーピング合金は、析出相の強化により高温での靱性と強度のバランスを維持できます。生産では、粒径を制御し、真空焼鈍(1100-1300°C)などの焼鈍プロセスを最適化して均一で微細な粒子を形成することにより、靱性が効果的に向上し、亀裂の伝播が減少します。モリブデンシートの強靱性は、高温ノズルや電子基板などの航空宇宙部品に有利であり、熱衝撃や機械的振動に耐えることができ、破損しにくくなっています。

2.2.6 モリブデンシートの耐疲労性

モリブデンシートの耐疲労性は、動的負荷アプリケーションの主要な特性である、繰り返し応力下での疲労亀裂の開始と伝播に耐える能力を反映しています。室温では、モリブデンシートの疲労限界(つまり、 10^7 サイクルで壊れない応力)は約 400~500 MPa であり、これはその引張強度の約 50%です。高温(1000°C)では、疲労限界は 300~400 MPa にわずかに低下しますが、それでも多くの金属材料よりも優れています。モリブデンシートの耐疲労性は、その結晶構造と表面品質に密接に関連しており、モリブデン金属の体心立方構造は疲労亀裂伝播抵抗が高く、高純度モリブデンシート($\geq 99.95\%$)は粒界での不純物が少ないため、疲労性能が優れています。TZM のようなドーピングされた合金は沈殿物の強化によって疲労の寿命をさらに延ばすことができます。製造工程では、表面の微小亀裂の開始点を減らすための表面研磨($Ra \leq 0.4$ ミクロン)や、残留応力を減らして疲労寿命を延ばすための応力緩和焼鈍(1100-1300°C)など、圧延および表面処理プロセスを最適化することにより、耐疲労性が向上しています。モリブデンシートの耐疲労性は、航空宇宙(タービンブレードサポートなど)や高温振動環境(原子炉部品など)で優れており、長期間の繰り返し荷重に故障なく耐えることができます。

2.3 モリブデンシートの化学的性質

モリブデンシートの化学的性質(耐食性や耐酸化性など)は、過酷な化学環境への適合性を決定します。モリブデン金属は、その安定した化学的性質と低い反応性により、非酸化性の酸、アルカリ、およびさまざまな化学媒体で優れた耐食性を示しますが、酸化性雰囲気での表面保護には特別な注意を払う必要があります。モリブデンシートの耐食性と耐酸化性については、以下で詳しく説明し、専門家のデータと組み合わせて、化学環境での挙動を明らかにします。

2.3.1 モリブデンシートの耐食性

モリブデンシートの耐食性は、化学工業や極端な環境、特に非酸化性の酸やアルカリ性の環境において重要な利点です。モリブデンシートは、塩酸、硫酸、フッ化水素酸などの非酸化性酸

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

に対して優れた耐食性を備えており、例えば、10%塩酸(20°C)の濃度では、腐食速度は 0.01mm/年未満であり、ステンレス鋼(約 0.1mm/年)よりもはるかに優れています。水酸化ナトリウム溶液などのアルカリ性環境でも、モリブデンシートは良好に機能し、腐食速度は 0.005 mm/年未満です。これは、モリブデン金属の化学的に不活性な性質と高い電極電位によるもので、非酸化性媒体との電気化学反応を起こしにくくなっています。しかし、酸化性酸(濃硝酸など)のうち、モリブデンシートは可溶性モリブデン酸塩が生成されるため、耐食性が劣ります。モリブデンシートの耐食性は、その表面状態と純度と密接に関連しており、高純度のモリブデンシート($\geq 99.95\%$)は、不純物が少ないため粒界で腐食する傾向が低く、表面($Ra \leq 0.4$ ミクロン)を研磨または酸洗いすると、腐食点をさらに減らすことができます。生産では、真空焼結による酸素や窒素不純物の除去や苛性洗浄による表面酸化物の除去など、最適化された精製プロセスと表面処理により、耐食性が向上します。モリブデンシートの耐食性により、化学反応器のライニング、電極材料、海洋工学に広く使用されています。

2.3.2 モリブデンシートの耐酸化性

モリブデン金属は酸化性雰囲気中で揮発性酸化物を形成しやすいため、モリブデンシートの耐酸化性は、高温環境での化学的性質の制限要因です。600°C 未満の温度では、モリブデンシートの表面に薄くて緻密な酸化物層(MoO_2 など)が形成されてある程度の保護を提供できますが、600°C を超えると、モリブデンは急速に酸化して揮発性の三酸化モリブデン(MoO_3)を形成します。蒸発速度は 800°C で $0.1g/cm^2 \cdot h$ に達することがあり、その結果、急速な材料損失が発生します。この特性により、高温用途の酸化性雰囲気でのモリブデンシートの使用が制限され、多くの場合、酸化損失を避けるために真空またはアルゴンや窒素などの不活性ガスが保護されます。真空環境下では、モリブデンシートの耐酸化性が大幅に向上し、1500°C でも表面は安定しています。耐酸化性はモリブデンシートの純度と表面処理の影響を受け、高純度モリブデンシート($\geq 99.95\%$)は不純物が少ないため酸化速度が低く、ドーパされた合金(TZM など)はチタンとジルコニウムを添加することで耐酸化性をわずかに向上させることができます。生産現場では、表面コーティング(シリサイドコーティングやアルミナコーティングなど)や、表面の酸素吸着を減らすための 1200°C などの真空アニールプロセスにより、耐酸化性が最適化されます。モリブデンシートの耐酸化性は、高温空気環境での直接的な使用を制限しますが、その高温安定性により、真空炉、半導体製造、および原子力産業に最適です。

2.4 CTIA GROUP LTD モリブデンシート MSDS

CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、高純度金属材料であり、その製品安全データシート(MSDS)または安全データシート(SDS)は、安全な使用、保管、輸送を確保するための重要な文書であり、有害化学物質の分類および表示に関する国際調和システム(GHS)の要件を満たしています。モリブデンシート自体は通常の条件下では無害であると考えられていますが、MSDS は、物理化学的特性、健康および環境リスク、安全運転ガイドライン、および労働安全とコンプライアンスを確保するための緊急措置に関する詳細情報を提供します。以下は、CTIA GROUP LTD モリブデンシートの MSDS 含有量を、物理的および化学的特性、健康および環境への影響、操作と保管、保護対策、および緊急治療の観点から詳しく説明しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD モリブデンシートの物理的および化学的特性は、MSDS の中核部分であり、ユーザーに材料の基本的な物理的および化学的情報を提供します。その化学組成は高純度モリブデン(純度 $\geq 99.95\%$)、化学記号 Mo、原子番号 42、密度約 10.22g/cm^3 (20°C)、融点約 2620°C 、沸点約 4639°C です。モリブデンシートはシルバーグレーの金属光沢があり、通常はフレークまたはホイルの形で見られ、厚さは 0.01mm から 3mm の範囲です。研磨や酸洗などの表面処理は、外観と粗さに影響を与えます($Ra 0.4 \sim 1.6$ ミクロン)。モリブデンシートは、室温で化学的に安定しており、水に不溶で、非酸化性酸(塩酸、硫酸など)やアルカリ性溶液との反応性は低いですが、高温酸化性雰囲気($>600^\circ\text{C}$)では揮発性の三酸化モリブデン(MoO_3)が発生しやすいです。MSDS では、モリブデンシートの引火点および自己発火点は固体金属であり、通常の条件下では爆発や可燃性の危険性がないため、適用されないと明記されています。これらの機能は、安全な操作の基礎を提供し、ユーザーが自分の物理的挙動と潜在的な化学反応を認識することを保証します。

健康と環境への影響は、モリブデンシートが人間と環境に及ぼす潜在的なリスクを評価することを目的とした MSDS の重要な要素です。モリブデン錠剤は、通常の使用条件下では人体に重大な健康被害はなく、毒性は極めて低く、純粋なモリブデンは有毒物質とは見なされないため、急性経口毒性(LD_{50})データは一般的に入手できません。ただし、切断、研削、溶接などの処理中にモリブデンの粉塵や煙が発生する可能性があり、高濃度の粉塵を吸入すると軽度の呼吸器刺激を引き起こす可能性があり、長期間の曝露は肺の不快感を引き起こす可能性があります。MSDS は、粉塵の吸入を避け、職場の換気が十分であることを確認することを推奨しています。モリブデンシートとの皮膚や目の接触は通常無害ですが、鋭利なエッジは機械的な傷を引き起こす可能性があるため、安全に取り扱う必要があります。環境の観点からは、モリブデンシート自体は水、土壌、大気に直接的な汚染のリスクはありませんが、処理によって発生するモリブデンの粉塵や廃棄物は、適切に処理しないと地域の環境に影響を与える可能性があります。MSDS は、モリブデンシート廃棄物は、地域の規制に従って分別およびリサイクルし、環境保護要件を満たすために環境への直接排出を避けるべきであることを強調しています。

安全な取り扱いと保管は、職場でのモリブデンシートの安全な使用を確保するための MSDS の重要な部分です。CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、表面の酸化を防ぐために高温($>600^\circ\text{C}$)や酸化性雰囲気を避け、乾燥した換気の良い環境で保管する必要があります。モリブデンは高温で酸素と反応して MoO_3 を形成する可能性があるため、保管場所は強酸化剤(濃硝酸など)や高温発火源から遠ざける必要があります。MSDS では、粉塵の吸入や機械的損傷を防ぐために、特に切断、研削、溶接の際には、保護手袋、安全メガネ、防塵マスクなどの適切な個人用保護具(PPE)の使用を推奨しています。機器を操作するときは、粉塵濃度が職業暴露限界を下回っていることを確認するために、局所排気換気システムを装備する必要があります(例: OSHA PEL または ACGIH TLV、モリブデン粉塵の推奨暴露限界は約 10mg/m^3 です)。輸送に関しては、モリブデンシートは国際海上危険物(IMDG)または国際航空運送協会(IATA)の危険物のカテゴリーには該当しませんが、物理的な損傷や汚染を避けるために適切に梱包する必要があります。また、MSDS では、保管施設を定期的に点検し、湿気や高温が材料特性に影響を与えないようにすることを推奨しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

また、MSDS のもう一つの中核的な取り組みとして、不測の事態に迅速に対応するための指針となっています。モリブデンシート加工による粉塵の吸入が発生した場合、MSDS は、影響を受けた個人を新鮮な空気に移動し、症状が続く場合は医師の診察を受けることをお勧めします。皮膚がモリブデンシートに接触して傷がついた場合は、すぐに傷口を水で洗い流し、適切な創傷治療を行う必要があります。モリブデンの粉塵が目に入った場合は、少なくとも 15 分間多量の水ですすぎ、医師の診察を受けてください。万が一、火災が発生した場合、モリブデンシート自体は引火性ではありませんが、高温酸化が関与する場合は、乾燥粉末や炭酸ガス消火剤を使用し、水系消火剤は反応の激化を防ぐために避けるべきです。MSDS では、流出物や廃棄物処理については、飛散粉じんを避けるためにモリブデン粉塵を回収する掃除機や湿式洗浄方法、廃棄物を認定リサイクル施設に送って処分することを義務付けており、廃棄を禁止しています。緊急連絡先情報には、通常、事故が発生した場合のメーカーの緊急電話番号と住所が含まれます。

CTIA GROUP LTD モリブデンチップの MSDS は、OSHA ハザード通信規格 (29 CFR 1910.1200)、EU REACH 規制 (EC No 1907/2006)、中国 GB/T 16483-2008 規格などの国際および地域の規制要件にも準拠する必要があります。この文書は、物質の特定、危険性分類、成分情報、応急処置、防火対策、流出緊急対応、運用と保管、暴露制御、物理化学的特性、安定性と反応性、毒物学的情報、生態学的情報、廃棄情報、輸送情報、規制情報、およびその他の情報を含む、GHS 規格の 16 のセクションでフォーマットされています。MSDS は、正確性とコンプライアンスを確保するために、3 年ごとに更新するか、新しい危険情報が利用可能になったときに改訂する必要があります。ユーザーは、CTIA GROUP LTD の公式 Web サイトから最新の MSDS ドキュメントを入手するか、カスタマー サービス部門に連絡して、運用が労働安全および環境保護規制に準拠していることを確認できます。

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

CTIA GROUP LTD
Molybdenum Sheet Introduction

1. Overview of Molybdenum Sheet

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

2. Features of Molybdenum Sheet

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

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

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

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

3. Specifications of Molybdenum Sheet

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

4. Production Process

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

5. Purchasing Information

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

Website: molybdenum.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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 モリブデンシート

第3章 モリブデンシートの分類

モリブデンシート は、通常、純度、合金組成、加工技術、またはさまざまな産業セクターのニーズを満たすためのアプリケーションシナリオに基づいて、さまざまな方法で分類されます。純度は、モリブデンシートの分類のための重要な基盤の1つであり、純度は、その物理的、化学的、機械的特性に直接影響し、その後、高温、電子機器、航空宇宙、その他の分野での適用性を決定するためです。その高品質で多様な分類基準により、CTIA GROUP LTD モリブデンシートは市場で広く使用されています。以下では、純度によるモリブデンシートの分類に焦点を当て、高純度モリブデンシート(純度 $99.95\% \geq$)と通常の純度モリブデンシート(純度 $99\% \sim 99.9\%$)の特性、準備プロセス、および適用シナリオを詳細に分析します。

3.1 純度によるモリブデンシートの分類

純度による分類は、モリブデンシートの最も一般的な等級付け方法の1つであり、通常、モリブデン金属の純度レベルに基づいて、高純度モリブデンシート(純度 $\geq 99.95\%$)と通常の純度モリブデンシート(純度 $99\% \sim 99.9\%$)に分けられます。純度の違いは、主に原料精製プロセスと製造プロセスでの不純物の制御によるものであり、電気伝導率、熱伝導率、耐食性、高温安定性などのモリブデンシートの性能パラメータに影響を与えます。純度の異なるモリブデンシートは、製造プロセス、コスト、およびアプリケーション領域の点で大きく異なり、高純度のモリブデンシートは通常、高精度で要求の厳しい環境で使用されますが、通常の純度のモリブデンシートは、コストに敏感な汎用シナリオに適しています。

3.1.1 高純度モリブデンシート(純度 $99.95\% \geq$)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

高純度モリブデンシートとは、モリブデン金属含有量が99.95%以上の薄いシート材料を指し、通常はモリブデン石(MoS_2)から多段階の精製プロセスを経て抽出され、高度な真空製錬または電子ビーム精製技術を使用して酸素、炭素、窒素などの不純物を除去します。不純物含有量は非常に低く(総不純物<500ppm)、鉄、ニッケル、シリコンなどの元素の含有量は通常10~50ppmに制御されます。この高純度は、モリブデンシートに優れた電氣的、熱的、機械的特性を付与し、抵抗率が $5.2 \times 10^{-8} \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \Omega \cdot \text{m}$ と低く、熱伝導率は約 $138 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ で、引張強度は室温で800~1000MPaに達することができます。高純度モリブデンシートの表面品質も優れており、研磨または酸洗い後の表面粗さはRa0.4ミクロンまで低くすることができ、高精度のアプリケーションに適しています。製造工程では、高純度モリブデンシートを焼結(1800~2000 $^\circ\text{C}$)し、真空または高純度の不活性ガス(アルゴンなど)で圧延して、酸化や不純物の導入を防ぐ必要があります。アニーリングプロセス(1100-1300 $^\circ\text{C}$)により、結晶粒構造がさらに最適化され、延性と靱性が向上します。高純度モリブデンシートの典型的な用途には、半導体産業向けの高精度薄膜の成膜のためのスパッタリングターゲットが含まれます。ロケットノズルライニングなどの航空宇宙セクターの高温部品。原子力産業における放射線遮蔽材料は、不純物含有量が少ないため、中性子捕捉断面積を低減します。また、高純度モリブデンシートは、X線管陽極や高温真空炉の熱シールドにも優れた性能を発揮し、高融点(2620 $^\circ\text{C}$)と低熱膨張係数($4.8 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)により、過酷な条件下での安定性を確保しています。しかし、高純度モリブデンシートの高準備コストと複雑な精製および処理プロセスにより、主にハイエンドアプリケーションで使用されます。

3.1.2 通常の純度のモリブデンシート(純度99%~99.9%)

通常の純度のモリブデンシートとは、モリブデン含有量が99%から99.9%のフレーク材料を指し、その不純物含有量(1000~10,000 ppm)は高純度のモリブデンシートよりも高く、一般的な不純物には鉄、ニッケル、炭素、酸素などが含まれ、含有量は100~500ppmの範囲です。通常の純度のモリブデンシートの性能は、高純度のモリブデンシートの性能よりもわずかに低く、例えば、抵抗率はわずかに高くなります(約 $5.5\text{--}6.0 \times 10^{-8} \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \Omega \cdot \text{m}$)、熱伝導率はわずかに低く(約 $130\text{--}135 \text{ W/m} \cdot \text{K}$)、引張強度は室温で700-900MPaです。それでも、その性能は多くの産業ニーズに十分対応でき、製造コストも低いため、大規模生産やコストに敏感なアプリケーションに適しています。通常の純度モリブデンシートの調製プロセスは比較的単純化されており、従来の粉末冶金技術は通常、モリブデンを焙煎して酸化モリブデン(MoO_3)を得るために使用されます)、これを水素で還元してモリブデン粉末を作り、それを焼結して圧延します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

焼結プロセスは、酸化のリスクを減らすために水素保護下(1600-1800°C)で実行できますが、不純物管理要件は高純度モリブデンシートほど厳しくありません。表面処理は主に酸洗いまたはサンドブラストされ、表面粗さは一般に Ra 0.8~1.6 ミクロンであり、一般的な用途の要件を満たしています。通常の純度のモリブデンシートは、高温炉の熱シールド、化学機器の耐食性ライニング、およびエレクトロニクス業界の低精度電極材料に広く使用されています。例えば、抵抗加熱炉では、1000~1500°C の高温に耐えるための発熱体や支持構造として、通常の純度のモリブデンシートが使用されています。一部の機械部品では、その適度な強度と延性も経済的な選択肢となっています。通常の純度のモリブデンシートは、耐食性と高温安定性の点で高純度のモリブデンシートよりもわずかに劣りますが、非酸化環境や中程度の精度要件のシナリオでは、費用対効果の高い大きな利点があります。

3.2 製造工程によるモリブデンシートの分類

モリブデンシートの製造プロセスは、その特性、微細構造、およびアプリケーションシナリオに重要な影響を与えるため、製造プロセスによる分類はモリブデンシートを分類するもう1つの重要な方法です。製造プロセスには主に粉末冶金と圧延プロセスが含まれ、圧延プロセスはさらに熱間圧延と冷間圧延の2つの方法に分けられます。異なるプロセスで製造されたモリブデンシートは、高温産業から精密電子機器までの多様なニーズを満たすために、結晶粒構造、表面品質、機械的特性、コストなどに大きな違いがあります。CTIA GROUP LTD Molybdenum Sheet は、製造プロセスを最適化することにより、製品性能が特定のアプリケーションシナリオの要件を満たすことを保証します。以下では、粉末冶金によって製造されたモリブデンシート、熱間圧延モリブデンシート、および冷間圧延モリブデンシートのプロセス特性、性能、および応用分野について詳しく説明します。

3.2.1 粉末冶金によって製造されたモリブデンシート

粉末冶金は、モリブデンシートの製造の基本的なプロセスであり、高純度で複雑な形状のモリブデンシート材料の調製に適しています。このプロセスには、モリブデン石(MoS_2)からの酸化モリブデン(MoO_3)の抽出が含まれます。)を水素で還元して高純度のモリブデン粉末(純度 99.95%)を生成し、その後、プレス、焼結、および処理します。モリブデン粉末は通常、高圧(100~200MPa)でピレットに押し込まれ、真空または水素保護雰囲気(温度 1800~2000°C)下で焼結されて、緻密なモリブデンピレットが形成されます。焼結プロセス中、モリブデン粉末粒子は拡散によって結合され、粒径は通常 10~50 ミクロンに制御され、密度は 98%以上に達する可能性があります。粉末冶金で製造されたモリブデンシートは、組織構造が均一で純度が高く、不純物含有量(酸素、炭素など)を 50ppm 以内に抑えることができるため、高精度な用途に適しています。得られたモリブデンシートの密度は理論値(10.22g/cm^3)に近く、引張強度は室温で約 700~900MPa であり、表面粗さ(Ra0.8~1.6 ミクロン)はその後の研磨によって最適化できま

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

す。粉末冶金プロセスの利点は、極薄のモリブデンシート(厚さ 0.01~0.1 mm)とカスタム形状のブランクを製造できることであり、半導体産業のスパッタリングターゲットや高温炉での熱シールドに適しています。ただし、このプロセスのコストが高く、サイクルタイムが長いいため、大規模で低コストのアプリケーションでの使用が制限されます。粉末冶金によって製造されたモリブデンシートは、X線管のアノード材料や高温真空炉の部品など、電子機器、原子力、航空宇宙産業で広く使用されています。

3.2.2 圧延法により製造された熱間圧延モリブデンシート

熱間圧延プロセスは、高温(通常は 1000~1400°C)でモリブデンピレットを圧延することにより、0.5~3mm の厚さのモリブデンシートを準備することです。熱間圧延プロセスは通常、高温でのモリブデンの酸化を防ぐために、真空下またはアルゴンなどの不活性ガスの保護下で実行されます。モリブデンピレットは、最初に粉末冶金によって調製され、次に高温圧延機で複数回のパスで圧延され、毎回 20~30%の変形を制御して徐々に薄くなり、結晶粒構造が改善されます。熱間圧延モリブデンシートは、より大きな粒径(50~100 ミクロン)を持ち、高温処理により再結晶するため、延性が良好(破断点伸びが約 10~15%)、内部応力が低くなります。

熱間圧延モリブデンシートの引張強度は室温で約 600~800MPa で、冷延モリブデンシートよりもわずかに低いですが、高温強度(1000°C で約 500MPa)は優れており、高温環境に適しています。表面品質に関しては、熱間圧延モリブデンシートの表面粗さは一般に Ra 1.0~2.0 ミクロンであり、酸洗いまたはサンドブラストによって最適化できます。熱間圧延プロセスの利点は、生産効率が高く、より厚いモリブデンシートの製造に適しており、粉末冶金よりもコストが低いことですが、厚さ制御精度(± 0.05 mm)は冷間圧延プロセスよりもわずかに劣ります。熱間圧延モリブデンシートは、高温炉の発熱体、航空宇宙構造部品(タービンブレードサポートなど)、化学機器の耐食ライニングに広く使用されており、強度と高温安定性を兼ね備えているため、適度な精度と耐久性の要求を満たしています。

3.2.3 圧延法により製造された冷間圧延モリブデンシート

冷間圧延プロセスは、モリブデンピレットまたは熱間圧延モリブデンシートを室温またはそれに近い温度でさらに圧延して、通常 0.01~1mm の厚さの超薄型モリブデンシートを製造することです。冷間圧延プロセスは高精度圧延機によって達成され、変形量は毎回 10~20%に制

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

御され、過度の応力や亀裂を回避します。冷間圧延モリブデンシートの粒径は小さく(5〜20 ミクロン)、加工硬化効果が大いいため、転位密度が増加するため、その引張強度は室温で 900〜1200MPa に達することができ、これは熱間圧延モリブデンシートよりもはるかに高いです。しかし、冷間圧延されたモリブデンシートは延性が低く(破断点伸びが約 5〜8%)、応力緩和焼鈍(800〜1100°C)による靱性の向上が必要になることが多く、焼鈍後の強度は 800〜1000MPa にわずかに低下しますが、破断点伸びは 10〜12%まで高めることができます。冷間圧延モリブデンシートの表面品質は優れており、研磨後の表面粗さは Ra0.4 ミクロンまで低く、厚さ公差は $\pm 0.005\text{mm}$ 以内に制御され、高精度のアプリケーションのニーズを満たします。冷間圧延プロセスの利点は、超薄型、高強度のモリブデンシートを製造できることであり、これはエレクトロニクス産業の高精度スパッタリングターゲット、半導体パッケージング基板、およびフレキシブル電子部品に適しています。ただし、冷間圧延プロセスは非常に要求が厳しく、表面の欠陥や亀裂を防ぐために、処理プロセス中の潤滑と温度を厳密に制御する必要があります。冷間圧延モリブデンシートは、高強度、優れた表面品質、寸法精度により、薄膜蒸着、マイクロエレクトロニクス、医療機器(X 線管アセンブリなど)に広く使用されており、ハイエンド製造に最適な材料となっています。

3.3 応用分野によるモリブデンシートの分類

モリブデンシートの多様な特性により、モリブデンシートは多くの産業分野で広く使用されており、さまざまなアプリケーションシナリオに応じて、電子分野、冶金産業、化学分野、航空宇宙分野、その他の分野に分けることができます。用途が異なれば、モリブデンシートの純度、厚さ、表面品質、性能も異なるレベルが必要であり、メーカーは特定のニーズを満たすために生産プロセスを最適化する必要があります。その高品質とカスタマイズ特性により、CTIA GROUP LTD モリブデンシートはさまざまな分野で優れた性能を発揮しています。以下では、エレクトロニクス、冶金産業、化学工業、航空宇宙、その他の分野におけるモリブデンシートのアプリケーション特性、性能要件、および一般的な使用法について詳しく説明します。

3.3.1 電子分野で使用されるモリブデンシート

エレクトロニクス分野では、モリブデンシートは、優れた電気伝導率(抵抗率約 $5.2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$)、熱伝導率(約 $138 \text{W/m} \cdot \text{K}$)、低熱膨張係数(約 $4.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)で知られており、特に半導体製造やマイクロエレクトロニクスデバイスにおいて使用されています。高純度モリブデンシート($\geq 99.95\%$)は、不純物含有量が少ないため、粒界抵抗やガス放出を低減し、デバイスの信頼性を確保するため、エレクトロニクス分野で好まれています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

モリブデンシートは、薄膜トランジスタ(TFT)、太陽電池、集積回路用の導電層を製造するためにスパッタリングターゲットで一般的に使用され、通常は厚さ 0.01~0.1mm、表面粗さは Ra0.4 ミクロンと低く、フィルムの均一性を確保します。また、モリブデンシートは電子パッケージの放熱基板として使用され、シリコンとの適合性(熱膨張係数約 $2.6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)セラミック材料との熱マッチングが良好で、熱応力を効果的に低減し、チップの寿命を延ばすことができます。X線管では、モリブデンシートは融点が高く(2620°C)、電気伝導性が良いため、高エネルギーの電子衝撃に耐えるための陽極または支持材料として使用されます。生産では、エレクトロニクス分野のモリブデンシートは、高精度と表面品質を確保するために、冷間圧延と真空焼鈍(1100-1300°C)する必要があります。モリブデンシートのこれらの特性は、半導体、ディスプレイ、およびオプトエレクトロニクス産業で不可欠です。

3.3.2 冶金産業で使用されるモリブデンシート

冶金業界では、モリブデンシートは、融点が 2620°C と高く、高温強度(1200°C で約 700MPa の引張強度)に優れているため、主に高温炉や製錬装置の部品に使用されています。通常の純度モリブデンシート(99%-99.9%)は、低コストのため、熱シールド、発熱体、るつぼライニングの製造に一般的に使用されており、厚さの範囲は通常 0.5~3mm です。熱間圧延モリブデンシートは、延性が良好(破断点伸びが約 10~15%)、内部応力が低いため、高温炉での複雑な形状の部品の処理に適しています。真空または不活性雰囲気(アルゴンや窒素など)の下では、モリブデンシートは変形することなく 1500°C を超える高温に耐えることができ、高温焼結炉、単結晶成長炉、ガラス溶解装置で広く使用されています。高温でのモリブデンシートの耐クリープ性(1200°C で 10°C/s という低いクリープ率)により、長期間の高温負荷下での安定性を確保します。生産では、冶金モリブデンシートは主に粉末冶金および熱間圧延プロセスを使用しており、表面を酸洗いして耐食性を向上させることができます。冶金産業におけるモリブデンシートの使用は、例えば、タングステン、モリブデン、その他の高融点金属の製錬における主要成分として、機器の耐久性とプロセス効率を大幅に向上させました。

3.3.3 化学工業で使用されるモリブデンシート

化学工業では、モリブデンシートは、特に非酸化性酸(塩酸、硫酸など)およびアルカリ性環境で優れた耐食性を備えているため、反応器のライニング、電極材料、耐食性部品に広く使用されています。通常の純度のモリブデンシート(99%-99.9%)は、その高い費用対効果のために化学装置でよく使用され、厚さは一般的に 0.2~2 mm であり、表面は主に酸洗されます(Ra 0.8~1.6 ミクロン)清浄度を確保します。モリブデンシートは、電気化学産業、例えば塩素や水素の電気分解における電極材料として使用され、その高い導電性と化学的安定性により腐食性電解質に耐性があります。しかし、モリブデンシートは、酸化性酸(濃硝酸など)や高温酸化性雰囲気(揮発性の MoO_3 (酸化性 MoO_3)が形成されやすく、表面コーティング(シリサイドなど)や不活性雰囲気で保護を強化する必要があります。生産では、化学モリブデンシートは粉末冶金

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

および圧延プロセスを通じて最適化され、酸素および窒素不純物(<100 ppm)は厳密に制御されて耐食性が向上しています。化学工業では、耐食性の反応器ライニングやパイプ支持材料などのモリブデンシートを使用すると、過酷な化学環境での機器の寿命が大幅に延びます。

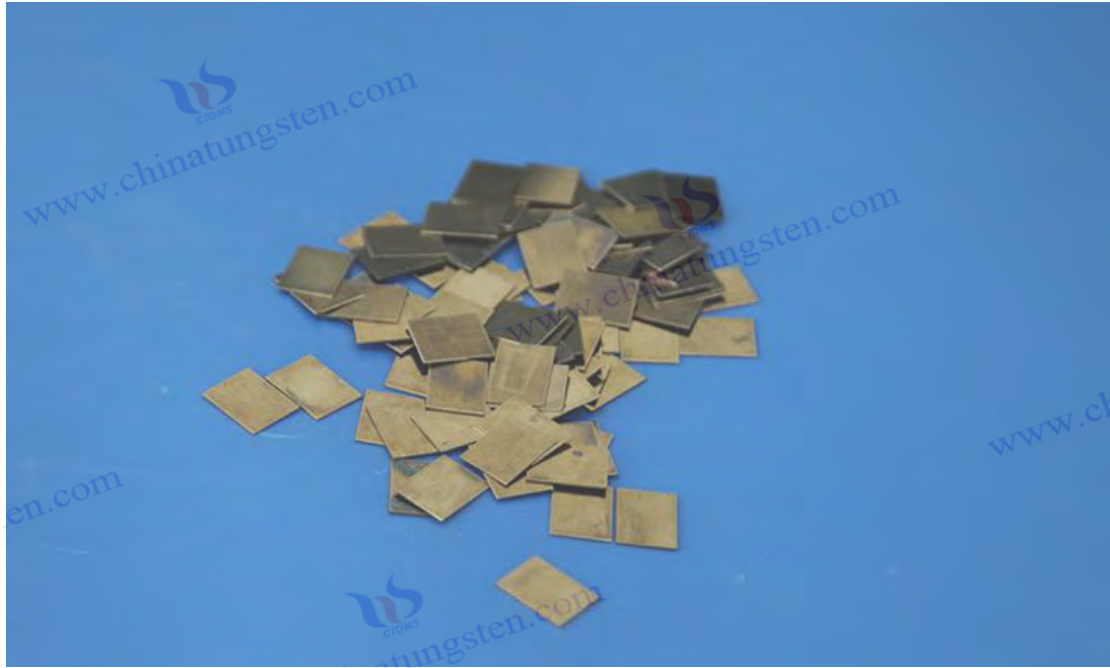
3.3.4 航空宇宙分野で使用されるモリブデンシート

航空宇宙分野では、高強度(室温引張強度 800-1000MPa)、高融点(2620°C)、低熱膨張係数($4.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)から、高温構造部品や耐熱部品にモリブデンシートが使用されています。高純度モリブデンシート($\geq 99.95\%$)または TZM 合金モリブデンシート(チタンとジルコニウムを含む)は、その優れた高温特性(1500°C で最大 800MPa の引張強度)と耐クリープ性(クリープ率 10^{-6})によるものです。/s)は、ロケットのノズルライニング、タービンブレードサポート、および再突入体の熱シールドに一般的に使用されます。モリブデンシート(10.22 g/cm^3)の低密度は、タングステン(19.25 g/cm^3)よりも重量の利点があり、航空宇宙の軽量化要件に適しています。冷延モリブデンシートは、その高い精度(厚さ公差 $\pm 0.005\text{mm}$)と表面品質($Ra \leq 0.4 \mu\text{ms}$)により、衛星熱制御システムなどの精密部品に広く使用されています。航空宇宙用モリブデンシートの製造では、真空焼結およびマルチパス圧延プロセスを使用して、粒子が小さい(5~20 ミクロン)ことを確認し、強度と靱性を向上させます。航空宇宙分野でのモリブデンシートの使用は、ロケットエンジンや高温推進システムなど、極端な高温や機械的ストレスの下でのコンポーネントの信頼性を大幅に向上させます。

3.3.5 他の分野で使用されるモリブデンシート

他の分野では、モリブデンシートは、その汎用性により、医療、エネルギー、および科学研究の用途で使用されています。医療分野では、X線やCT装置のアノードターゲットには高純度のモリブデンシート($\geq 99.95\%$)が使用されており、高融点と導電性により高エネルギーの電子衝撃に耐えることができ、通常は 0.1~1mm の厚さであり、放射線の均一性を確保するために表面を $Ra 0.4$ ミクロンに研磨する必要があります。エネルギー分野では、モリブデンシートは熱中性子捕獲断面積が小さく、高温安定性(1500°C で安定)であることから、太陽薄膜セルの裏電極や原子炉の放射線遮蔽に使用されています。科学研究の分野では、モリブデンシートは高温実験用のサンプル基板または電極材料として材料科学や物理学実験で広く使用されており、その厚さは 0.01mm まで低く、高精度な実験のニーズを満たすことができます。その他の用途には、ジュエリー加工(高温金型として)や照明業界(フィラメントサポート材料として)などがあります。生産では、これらのモリブデンシートは、冷間圧延および真空焼鈍プロセスを使用して製造され、特定のニーズに合わせて結晶粒構造と表面品質を最適化します。さまざまな用途にもかかわらず、これらのモリブデンシートは、高温酸化を回避し、一貫した性能を確保するために、真空または不活性雰囲気で行われます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP LTD モリブデンシート

第4章 モリブデンシートの製造と準備プロセス

4.1 モリブデンシートの製造前の原材料の準備

モリブデンシートの製造と調製プロセスは、モリブデンシートの性能を確保するための重要なリンクである高品質の原材料の取得と処理から始まります。これは、モリブデンシートの純度、微細構造、および最終的なアプリケーション結果に直接影響します。モリブデンシートの原料は主にモリブデン鉱石に由来し、そのうちモリブデン鉱石(MoS_2)がモリブデンの主な供給源です。原材料の準備プロセスには、鉱石の採掘、選鉱、および初期精製が含まれ、その後の粉末冶金および圧延プロセスに高純度のモリブデン粉末を提供します。CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、厳格な原材料調製プロセスを通じて原材料の高純度と一貫性を確保し、航空宇宙、電子機器、高温産業の厳しい要件を満たしています。以下では、モリブデン鉱石の種類と特性、採掘方法と選鉱方法について、モリブデンの特性と分布に焦点を当てて詳しく説明し、露天掘りのプロセスとポイントについて説明します。

4.1.1 モリブデン鉱石の種類と特性

モリブデン鉱石は、主に硫化物の形でモリブデンシートを製造するための基本的な原料であり、モリブデン鉱石(MoS_2)は最も一般的なモリブデン鉱物であり、世界のモリブデン資源の主要部分を占めています。その他のモリブデン鉱石の種類には、モリブデン酸(モリブデン酸カルシウム CaMoO_4 など)や酸化モリブデン酸塩(MoO_3 など)などがあります。ただし、埋蔵量が少なく、開発が難しいため、あまり使用されていません。モリブデン鉱は、モリブデン含有量が高く(モリブデン約 60%)、分離が容易なため、モリブデンシートの製造の主要な原料となっています。モリブデン鉱石の特性は、精製プロセスと最終的なモリブデンシートの性能に直

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

接影響します、例えば、鉬石中の不純物(銅、鉄、ケイ素など)はモリブデン粉末の純度に影響を与えます、これは選鉬と化学処理によって除去する必要があります。さらに、硬度や結晶構造などのモリブデン鉬石の物理的特性も、破碎効率と選鉬効率に影響を与えます。モリブデン鉬石は、斑岩銅鉬石やその他の硫化鉬物と関連付けられることが多く、高品位のモリブデン精鉬を抽出するには複雑な選別プロセスが必要です。

4.1.1.1 モリブデンの特性と分布

モリブデン鉬(MoS_2)は、モース硬度が1~1.5、密度が約4.7~5.0 g/cm³の銀灰色から鉄の光沢を持つ層状硫化物鉬物です。その化学組成は主にモリブデン(59.94%)と硫黄(40.06%)であり、結晶構造は六角形の結晶系であり、層間結合力が弱いので、潤滑性が高く、剥離が容易です。モリブデン鉬は、多くの場合、本質的にフレークまたはフレークであり、浮選によって簡単に分離できます。熱的に安定しており、空気中で600°Cに加熱すると酸化して MoO_3 を形成しますが、不活性雰囲気ではより高い温度(約1200°C)に耐えることができます。モリブデン石の化学的安定性により、酸やアルカリの攻撃に耐性がありますが、酸化剤(硝酸など)と反応しやすいので、選鉬および精製の過程で環境制御に注意を払う必要があります。世界のモリブデン資源の分布は集中しており、主な生産地域には中国(河南省、陝西省、吉林省などを中心に世界の埋蔵量の約40%を占める)、米国(コロラド州、モンタナ州)、チリ、カナダ、オーストラリアが含まれます。中国の洛陽市の羅川地域は世界最大のモリブデン採掘地域であり、鉬石の品位は一般に0.1%から0.3%(モリブデン含有量)の範囲であり、高品位の鉬石は0.5%以上に達する可能性があります。モリブデン鉬石は、銅、鉛、亜鉛などの硫化物鉬石と関連していることが多く、モリブデン粉末($\geq 99.95\%$)の純度を確保するためには、関連元素(鉄や銅など)の含有量を選鉬によって厳密に制御する必要があります。

4.1.2 モリブデン鉬石の採掘方法と選鉬方法

モリブデン鉬石の採掘と選鉬は、低品位鉬石から高品位モリブデン精鉬を抽出し、その後の冶金精製のための高品質の原料を提供することを目的とした、原材料調製の中核的なステップです。採掘方法は、鉬床の地質条件に応じて露天掘りと地下採掘に分けられ、露天掘りは低コストで効率が高いため支配的であり、大規模な浅い鉬床に適しています。選鉬法は、主に浮選技術を使用し、重力分離、磁気分離、およびその他の補助手段と組み合わせて、モリブデン鉬石中のモリブデンを関連鉬物から分離し、モリブデン含有量 $\geq 50\%$ の濃縮物を取得します。選鉬プロセスでは、粉碎粒径(通常は-200メッシュ、約74ミクロン)、浮選試薬(キサントセート、発泡剤など)、pH値(8-10)を厳密に制御して、モリブデンの回収率(通常は85-95%)を改善する必要があります。選鉬後のモリブデン精鉬は、酸化モリブデン(MoO_3)を生成するためにさらに焙煎する必要があり、これがその後の水素還元的基础を築き、モリブデン粉末を調製します。選鉬効率と濃縮純度は、モリブデンシートの性能に直接影響し、例えば、高レベルの不純物(鉄、銅)はモリブデンシートの導電率と耐食性を低下させる可能性があります。

4.1.2.1 モリブデン鉬石の露天掘りプロセスとポイント

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

露天掘りはモリブデン採掘の主なモードであり、中国の Luanchuan や米国の Klemax 鉱山など、浅い鉱体埋設と大規模な埋蔵量のある鉱床に適しています。このプロセスには、探査、ストリップング、発破、積み込み、輸送、備蓄が含まれます。探査段階では、地質学的掘削と地球物理学的方法を使用して、鉱体、品位(通常は 0.1%-0.3%のモリブデン)、埋蔵量の位置を決定し、採掘計画を策定します。ストリップングフェーズでは、鉱体を覆う表土と廃石が除去され、ストリップング率(廃石と鉱石の体積比)は通常 3:1~10:1 であり、コストを削減するために最適化する必要があります。ブラストは、正確に制御された爆薬(硝酸アンモニウムなど)を使用して鉱体を破碎し、発破孔のサイズは一般に 100~250 mm であり、鉱石の粒子サイズはブラスト後に 0.1~1m に制御され、その後の破碎のために粉碎されます。大型の掘削機(バケット容量 10~30 立方メートル)とダンプトラック(50~200 トンの負荷)を使用して、鉱石を濃縮器に輸送します。スタッキング段階では、高品位鉱石と低品位鉱石の混合を避けるために、グレードに応じて分類してスタックする必要があります。

露天掘りから得られる主なポイントには、鉱石の希釈を減らし(目標<10%)、グレードの一貫性を向上させるための発破設計の最適化が含まれます。2つ目は、電動ショベルや大型トラックなどの高効率機器を使用して、生産効率を向上させることです(1日あたり最大 100,000 トンの鉱石)。3つ目は、環境保護法に則り、ブラスト粉じん(噴霧による粉塵抑制)と排水排出(リサイクル率>80%)を抑制する環境保全です。露天掘りのモリブデン鉱石は、予備破碎後に選鉱プロセスに入り、モリブデンシートの生産に高品質の原材料を提供します。

4.1.2.2 モリブデン鉱石の地下採掘方法

モリブデンシートの生産は高品質のモリブデン鉱石原料に依存していますが、地下採掘は深いまたは複雑な地質条件下でのモリブデン鉱石(MoS_2)の取得です岩体が深く埋もれている鉱床や、地表条件が吉林省の一部のモリブデン鉱山などの露天掘りに適していない鉱床に適しています。中国またはカナダ。地下採掘のプロセスには、鉱山建設、道路、発破採掘、鉱石の吊り上げ、陸上輸送が含まれます。鉱山の建設は、垂直または傾斜したシャフトを介して鉱体を開くことから始まります。これには、操作の安全性を確保するための換気、排水、および吊り上げシステムが装備されています。ロードゴーイングトンネルはロードヘッダーまたはブラスト方式を採用し、水平または傾斜した道路が鉱体に沿って敷設され、道路のサイズは通常、幅 3~5 メートル、高さ 3~4 メートルです。採掘段階では、ルームアンドピラー法または充填法が主に採用され、ルームアンドピラー法は鉱石の柱を保持することで屋根を支え、回収率は約 70~80%です。充填方法は、ヤギを尾鉱またはセメントで満たし、回収率は 90%以上に達する可能性があります。ブラストは、エマルジョン爆薬などの精密装薬を使用して鉱石を 0.1~0.5 メートルの粒子サイズに碎き、ローダーやトロッコによ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

って地表に持ち上げられます。

坑内採掘の要点は、まず安全管理で、崩壊を防ぐための換気(風量 $\geq 3\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{人}$)と支持体(アンカー、スチールメッシュ)を厳密に制御すること。2つ目は、マイニングシーケンスを最適化し、高品位鉬体(0.2~0.5%のモリブデン含有量)のマイニングを優先し、希釈率を下げることで(目標<15%)。3つ目は、省エネと環境保護であり、低エネルギー消費機器(電動ローダーなど)と尾鉬の埋め戻しを使用して環境への影響を減らします。地下で採掘されたモリブデン鉬石は、予備破碎後に選鉬プロセスに入り、モリブデンシートの生産に安定した原料を提供します。

4.1.2.3 モリブデン鉬石の浮選法の原理とプロセス

浮選はモリブデン酸塩選鉬の中核的な方法であり、低品位モリブデンから高品位モリブデン濃縮物を抽出するために広く使用されており、その原理はモリブデン石の疎水性と関連鉬物の親水性の違いに基づいています。モリブデン鉬(MoS_2)は、表面が自然に疎水性を持ち、コレクター(キサント酸やメルカプタンなど)に吸着されて気泡に付着しやすく、一方、関連鉬物(石英、長石など)は親水性が高く、スラリー中に残ります。浮選プロセスは、破碎、粉碎、スラリー、浮選、脱水の5つの段階で構成されています。破碎は原鉬石(粒径 0.1~1m)を 10~50mm に粉碎し、さらに粉碎すると鉬石を-200 メッシュ(約 74 ミクロン)に粉碎し、モリブデンモノマーの解離度が 80%以上に達するようにします。スラリーコンディショニング段階では、コレクター(キサント酸ブチル、0.1-0.3 kg / t など)、発泡剤(テルピネオール、0.05-0.1 kg / t など)、および阻害剤(ケイ酸ナトリウム、0.5-1 kg / t など)を添加して、スラリーの pH を 8~10 に調整し、浮遊選鉬効果を最適化しました。浮選は浮遊選鉬セルで行われ、気泡(空気または窒素)を攪拌してモリブデンを泡層に運び、回収率が通常 85~95%のモリブデン濃縮物(モリブデン含有量 50~60%)を生成します。尾鉬は、残留モリブデンを回収するために、多段浮選によってさらに回収されます。脱水は、増粘剤とフィルタープレスによって濃縮物の水分を 10%未満に減少させます。浮選の利点は、高効率で適応性が高く、低品位の鉬石(0.1~0.3%のモリブデン含有量)を処理できることですが、環境汚染を減らすためには、化学薬品の量と廃水処理(リサイクル率>80%)を厳密に管理する必要があります。浮選によって得られるモリブデン濃縮物は、その後の焙煎および精製のための高品質の原料を提供します。

4.1.2.4 モリブデン鉬石の重力分離法の原理とプロセス

重力分離法は、モリブデン鉬(密度 4.7-5.0 g/cm³)と関連鉬物(石英、密度 2.65 g/cm³など)との密度差を分離に使用するモリブデン選鉬の補助方法であり、粗粒モリブデン鉬または関連する重鉬物の回収に適しています。重力分離の原理は重力沈降または遠心力に基づいており、モリ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ブデンはその高密度のために重力分離装置に急速に沈降し、軽い脈石鉱物は洗い流されます。重力分離プロセスには、破碎、粉碎、分級、重力分離、および脱水が含まれます。原鉱石は最初に 50~100 mm に粉碎され、0.5~2 mm に粉碎されてモリブデン粒子が放出されます。等級分けは、スパイラル分級機またはハイドロサイクロンを使用してスラリーを粗粒と細粒に分割し、粗粒(>0.5mm)を重力分離装置に投入します。ジグまたはシェーカーは重力分離に一般的に使用され、ジギングマシンは脈動する水流を通じて密度に応じて鉱石粒子を成層化し、モリブデンは最下層に沈んで粗い濃縮物(モリブデン含有量 20-40%)を生成します。シェーカーは横方向の水流と振動を利用して、70~85%の回復率を達成します。細粒スラリー(<0.5 mm)は通常、浮選プロセスに移されます。脱水により、重力分離濃縮水分が 10%未満に減少します。重力分離の利点は、装置がシンプルでコストが安いこと、高品位の粗粒鉱石(モリブデン含有量 >0.3%)の処理に適していることですが、細粒鉱石は効率が悪く、浮選と組み合わせて使用されることが多いです。重力分離濃縮物は、モリブデンシートの製造に高品質の原材料を提供するために、さらなる浮選と精製を行う必要があります。

4.1.2.5 モリブデン鉱石の磁気分離の原理とプロセス

磁気分離は、モリブデン鉱石選鉱の補助手段であり、モリブデン石中の磁性不純物(マグネタイト、 Fe_3O_4 など)または関連する磁性鉱物を除去し、モリブデン精鉱の純度を向上させるために使用されます。磁気分離の原理は鉱物の磁気差に基づいており、モリブデン鉱は非磁性材料(磁化率 $<10^{-6}\text{cm}^3/\text{g}$)ですが、マグネタイトは強い磁性(磁化率 $10^2\text{-}10^3\text{cm}^3/\text{g}$)を持ち、磁場に吸着されやすいです。磁気分離プロセスには、破碎、粉碎、磁気分離、および脱水が含まれます。

原鉱石を 50~100mm に粉碎し、-200 メッシュ(約 74 ミクロン)に粉碎して、モリブデンから磁性不純物を解離させます。磁気分離は湿式磁気分離器を採用し、磁場強度は通常 0.1~0.6 T で、磁性不純物は磁気ドラムに吸着され、非磁性モリブデンはスラリーとともに流出して予備濃縮物(モリブデン含有量 10~30%)を生成します。磁気分離後、スラリーは通常、さらなる精製のために浮選プロセスに入ります。脱水は、濃縮器とフィルタープレスによって濃縮水分を 10%未満に減少させます。磁気分離の利点は、強磁性不純物(鉄含有量が 1%から 0.1%未満など)を効果的に除去し、モリブデン精鉱の品質を向上させることができることですが、非磁性不純物(石英など)に対しては効果がなく、他の選鉱方法と組み合わせて使用する必要があります。磁気分離装置は、磁場が安定していることを確認するために定期的に保守する必要があり、環境保護要件を満たすためには廃水のリサイクル率が 80%以上に達する必要があります。磁気分離によって前処理されたモリブデン精鉱は、その後の精製およびモリブデンシート製造のための低不純物原料を提供します。

4.1.3 モリブデン精鉱の精製と変換

モリブデン精鉱の精製と変換は、選鉱によって得られたモリブデン精鉱(主にモリブデン、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

MoS₂)を高純度のモリブデン化合物または金属モリブデン粉末に変換するための重要なステップであり、その後のモリブデンシートの製造に高品質の原料を提供します。精製プロセスは、主に湿式製錬(アンモニア浸出や酸浸出など)と組み合わせた酸化焙煎によって硫黄や鉄などの不純物を除去し、高純度の酸化モリブデン(MoO₃)またはモリブデン酸アンモニウム((NH₄)₂MoO₄)を取得し、最後にモリブデン粉末を還元して調製します。精製プロセスの選択は、モリブデン粉末の純度(高純度モリブデンシートの需要を満たすには 99.95%の≥が必要です)、粒度分布、および製造コストに直接影響します。CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、高度な精製技術により、原材料の高純度と一貫性を確保し、電子機器や航空宇宙などのハイエンドアプリケーションのニーズを満たすことができます。以下では、酸化焙煎-アンモニア浸出法、酸化焙煎-酸浸出精製プロセス、およびモリブデン濃縮物のモリブデン粉末の調製プロセスについて詳しく説明します。

4.1.3.1 モリブデン精鉱の酸化的焙煎-アンモニア浸出精製プロセス

酸化焙煎-アンモニア浸出は、モリブデン濃縮物を精製するための主流のプロセスであり、高純度モリブデン化合物の製造に適しており、高純度モリブデンシート原料の調製に広く使用されています。原理は、モリブデン石(MoS₂)を高温焙煎によって酸化酸化モリブデン(MoO₃)にし、アンモニアと溶解して可溶性モリブデン酸アンモニウムを生成し、結晶化によって精製するというものです。このプロセスは、焙煎、アンモニア浸出、ろ過、結晶化、乾燥の5つの段階で構成されています。焙煎段階は、ロータリーキルンまたはマルチチャンバー炉で 550〜650°C に制御された温度で行われ、空気を導入して MoS₂を MoO₃に酸化すると同時に、硫黄は SO₂に変換されます(環境基準を満たすためにオフガス処理が必要であり、SO₂の回収率は >95%)。焙煎後、モリブデン精鉱(モリブデン含有量 50〜60%)を粗酸化モリブデン(モリブデン含有量>95%)に変換し、鉄や銅などの不純物を部分的に揮発または酸化します。アンモニア浸出段階では、粗酸化モリブデンを 50-70°C および pH 8-9 でアンモニア水(濃度 10-15%)と反応させてモリブデン酸アンモニウム溶液を生成し、鉄やシリコンなどの不溶性不純物をろ過して分離します。濾過されたモリブデン酸アンモニウム溶液を蒸発によって結晶化して高純度のモリブデン酸アンモニウム結晶(純度≥99.5%)を得ることができ、最終的に 120〜150°C で乾燥されます。アンモニア浸出法の利点は、精製効率が高く、不純物(鉄や銅など)の含有量を 50ppm 未満に減らすことができ、高純度モリブデンシート原料の製造に適していることです。しかし、アンモニア水の使用には、環境汚染を減らすために廃液処理の厳格な管理(アンモニア回収率>90%)が必要です。このプロセスによって製造されたモリブデン酸アンモニウムは、その後のモリブデン粉末の調製のための高純度原料を提供します。

4.1.3.2 モリブデン精鉱の酸化的焙煎酸浸出精製プロセス

酸化的焙煎酸浸出は、特に銅や鉛などの多くの関連金属がある場合に、複雑な不純物を含むモリブデン精鉱の処理に適した、別の一般的に使用されるモリブデン精鉱精製プロセスです。焙煎によりモリブデンを酸化して酸化モリブデン(MoO₃)にし、不純物を酸性溶液で溶解して高

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

純度の酸化モリブデンを保持するというのが原理です。このプロセスには、焙煎、酸洗い、ろ過、洗浄、乾燥が含まれます。焙煎段階は、モリブデンを MoO_3 に酸化し、硫黄を SO_2 に変換する $550\sim 650^\circ\text{C}$ の空気雰囲気で行われるアンモニア浸出法と似ています(高効率の排ガス吸収装置が必要で、 SO_2 の除去率は $>95\%$)。酸浸出段階では、粗酸化モリブデンを希塩酸(濃度 $5\sim 10\%$)または硫酸と $60\sim 80^\circ\text{C}$ で反応させて鉄、銅、カルシウムなどの不純物を溶解しますが、 MoO_3 は希酸に不溶であるため保持されます。不純物溶液をろ過して分離した後、酸化モリブデン固体を脱イオン水で数回洗浄して、不純物含有量(鉄、銅など)が 100ppm 未満に減少するようにします。洗浄した酸化モリブデンを $150\sim 200^\circ\text{C}$ で乾燥させ、高純度の酸化モリブデン(純度 99.5%)を得ます。

酸浸出法の利点は、さまざまな金属不純物を効果的に除去できること、およびプロセスの適応性が強く、低品位または複雑な鉱石の処理に適していることですが、酸性廃液の処理コストは高いです(排出前に $\text{pH } 6-8$ に中和する必要があります)。アンモニア浸出法と比較して、酸浸出法は操作が簡単ですが、純度はわずかに低く、通常の純度のモリブデンシート($99\%-99.9\%$)の原料製造に適しています。得られた酸化モリブデンは、その後のモリブデン粉末の調製に信頼性の高い基礎を提供します。

4.1.3.3 モリブデン濃縮抽出物からのモリブデン粉末の調製

モリブデン精鉱抽出物(酸化モリブデンまたはモリブデン酸アンモニウム)は、水素還元プロセスによって高純度のモリブデン粉末に変換され、モリブデンシートの製造の最終原料となります。原理は、水素を使用して、酸素と残留不純物を除去しながら、高温で MoO_3 または $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ を金属モリブデンに還元することです。このプロセスには、削減、スクリーニング、品質管理が含まれます。還元段階は管状炉または回転炉で行われ、2つのステップで行われます:最初のステップは、水素ガス流(純度 99.99% 、流量 $1-2\text{m}^3/\text{h}$)で $400\sim 600^\circ\text{C}$ で MoO_3 またはモリブデン酸アンモニウムを MoO_2 に還元し、同時に水蒸気とアンモニアを放出します(テールガス処理が必要です)。第2ステップは、 $900\sim 1100^\circ\text{C}$ で金属モリブデン粉末にさらに還元され、粒子サイズは通常 $1\sim 10$ ミクロンであり、純度は 99.95% 以上に達することができます。

還元プロセスでは、水素の純度と炉内の雰囲気厳密に制御して、酸素残留物による酸化(酸素含有量 $<50\text{ppm}$)を回避する必要があります。スクリーニング段階では、振動スクリーン($100\sim 200$ メッシュ)を使用して大きな粒子や凝集体を除去し、モリブデン粉末の粒子サイズが均一であることを確認します(D_{50} の場合は約 $2\sim 5$ ミクロン)。ICP-MS による不純物(鉄、銅 $<20\text{ppm}$ など)の検出や X 線回折による結晶構造の確認(体心キューブ)による品質管理を行っ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ています。モリブデン粉末の特性は、モリブデンシートの品質に直接影響し、例えば、微細で均一な粒子サイズは焼結密度(>98%)を助長し、高純度は導電性と耐食性を確保します。調製されたモリブデン粉末は、航空宇宙、電子機器、その他の分野のニーズを満たすために、粉末冶金および圧延を通じてモリブデンシートにさらに加工されます。

4.2 モリブデンシートの成形プロセス

モリブデンシートの成形プロセスは、高純度モリブデン粉末またはモリブデンブランクから特定の厚さ、サイズ、および特性を持つシート材料に変換するための重要なステップであり、モリブデンシートの機械的特性、表面品質、および適用適応性を直接決定します。成形プロセスには、主に粉末冶金と圧延プロセスが含まれ、圧延プロセスはさらに熱間圧延と冷間圧延の2つの方法に分けられます。これらのプロセスは、温度、変形、環境条件を正確に制御することにより、モリブデンシートの結晶粒構造、強度、延性を最適化し、エレクトロニクス、航空宇宙、高温産業などの産業のニーズを満たすことができます。CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、製品の高精度と一貫性を確保するために、高度な成形技術によって作られています。以下では、モリブデンシートの調製、熱間圧延プロセスによるモリブデンシートの調製、および冷間圧延プロセスによるモリブデンシートの調製のための粉末冶金のプロセス特性、性能の影響、およびアプリケーションの利点について詳しく説明します。

4.2.1 粉末冶金によるモリブデンシートの調製

粉末冶金は、モリブデンシートの製造のための基本的な成形プロセスであり、モリブデンシートの高純度で均質な構造の調製、特に極薄モリブデンシート(厚さ 0.01~0.1 mm)または複雑な形状のコンポーネントの製造に適しています。このプロセスには、モリブデン粉末のプレス、焼結、およびその後の処理が含まれます。高純度モリブデン粉末(純度 $\geq 99.95\%$ 、粒子サイズ 1~10 ミクロン)を冷間静水圧プレス(圧力 100~200 MPa)でブランクにプレスし、ブランクの形状を要件(プレートやロッドなど)に応じてカスタマイズできます。プレスされたブランクは真空または水素保護雰囲気下で焼結され、温度は 1800~2000°C に制御され、焼結時間は 2~6 時間であるため、モリブデン粉末粒子が拡散によって結合して緻密な緑色体を形成し、密度は 98%以上になります。焼結プロセス中、粒径は 10~50 ミクロンに制御され、強度と靱性のバランスが取れます。焼結ピレットの引張強度は約 500~700MPa で、密度は理論値(10.22g/cm³)に近いです。シートをさらに調製するために、焼結ピレットを圧延または鍛造し、表面を Ra 0.8~1.6 ミクロンの粗さで酸洗いまたは研磨する。粉末冶金の利点は、不純物含有量が少ない(鉄、銅<20ppm)高純度で均一な構造のモリブデンシートを製造できることであり、半導体ターゲットや高温炉部品に適しています。ただし、このプロセスは複雑でコストがかかるため、エレクトロニクス産業のスパッタリングターゲットや原子力産業の放射線遮蔽など、高精度の

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

アプリケーションに適しています。

4.2.2 圧延プロセスによるモリブデンシートの調製

圧延プロセスは、モリブデンシートの製造において最も一般的に使用される成形方法であり、焼結したモリブデンピレットを所望の厚さまで徐々に薄くし、その機械的特性と表面品質を改善します。圧延は、熱間圧延と冷間圧延の2つの方法に分けられ、厚さと性能要件が異なるモリブデンシートに適しています。圧延プロセスは、高温での酸化を防ぎ、モリブデンシートの表面に揮発性の MoO_3 が形成されないようにするために、真空または不活性雰囲気(アルゴンなど)で行われます。圧延工程では、変形量、圧延温度、焼鈍工程がモリブデンシートの粒径、強度、延性に直接影響します。熱間圧延は、より厚いモリブデンシート(0.5-3 mm)の製造に適しており、冷間圧延は極薄モリブデンシート(0.01-0.1 mm)に使用されます。圧延モリブデンシートの引張強度は 800~1200MPa に達することができ、表面粗さは研磨によって Ra0.4 ミクロンまで低くすることができ、電子機器、航空宇宙、その他の分野の精度要件を満たしています。

4.2.2.1 熱間圧延プロセスによるモリブデンシートの調製

熱間圧延法は、モリブデンピレットを高温(1000-1400°C)で複数回のパスで圧延することにより、厚さ 0.5~3mm のモリブデンシートを調製するもので、高温炉部品や航空宇宙構造部品に適しています。モリブデンピレット(通常は粉末冶金によって調製)は、亀裂を避けるためにロールあたり 20~30%の変形を制御した真空または不活性ガスシールド熱間圧延機で処理されます。熱間圧延プロセス中に、モリブデン粒子は動的再結晶を受け、粒径が大きくなる(50~100 ミクロン)ため、モリブデンシートは良好な延性(破断点伸び 10~15%)と低い内部応力が得られます。熱間圧延モリブデンシートの引張強度は室温で約 600~800MPa であり、高温(1200°C)で 500MPa に達する可能性があり、高温環境に適しています。表面粗さは一般に Ra 1.0~2.0 ミクロンであり、酸洗いまたはサンドブラストによって最適化できます。熱間圧延プロセスの利点は、生産効率が高く、大量生産に適しており、粉末冶金法よりも低コストであることです。厚さ公差(± 0.05 mm)は冷間圧延よりもわずかに劣ります。熱間圧延モリブデンシートは、高温炉の発熱体、化学機器の耐食ライニング、航空宇宙の高温支持構造に広く使用されており、高温強度と耐クリープ性(クリープ率 10^{-6} /s)により長期安定性が確保されています。

4.2.2.2 冷間圧延法によるモリブデンシートの調製

冷間圧延プロセスは、熱間圧延モリブデンシートまたは焼結モリブデンブランクを室温また

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

はそれに近い温度でさらに圧延して、厚さ 0.01~1 mm の超薄型モリブデンシートを製造することであり、高精度の電子およびマイクロエレクトロニクスアプリケーションに適しています。冷間圧延は高精度の 4 ハイミルまたはマルチロールミルを使用し、変形量を毎回 10~20% に抑えて、加工硬化による亀裂を防ぎます。冷間圧延モリブデンシートは、粒径が小さく(5~20 ミクロン)、転位密度が高く、引張強度が最大 900~1200MPa ですが、延性は低い(破断点伸び 5~8%)。靱性を向上させるために、冷間圧延後に応力緩和焼鈍(800-1100°C)を行い、破断点伸びを 10-12%に増加させ、強度を 800-1000MPa にわずかに減少させます。冷間圧延モリブデンシートの表面品質は優れており、研磨後の粗さは Ra0.4 ミクロンに達する可能性があり、厚さ公差は±0.005mm に制御されており、半導体ターゲットとフレキシブル基板のニーズを満たしています。冷間圧延プロセスには、高精度の用途向けに極薄で高強度のモリブデンシートを製造するという利点がありますが、表面の欠陥を避けるために、高い設備要件と潤滑剤(通常は油ベースの潤滑)の厳格な制御が必要です。冷間圧延モリブデンシートは、薄膜形成、半導体パッケージング、X 線管陽極などの医療機器に広く使用されており、その高強度と優れた表面品質により、デバイスの性能が大幅に向上します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD
Molybdenum Sheet Introduction

1. Overview of Molybdenum Sheet

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

2. Features of Molybdenum Sheet

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

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

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

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

3. Specifications of Molybdenum Sheet

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

4. Production Process

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

5. Purchasing Information

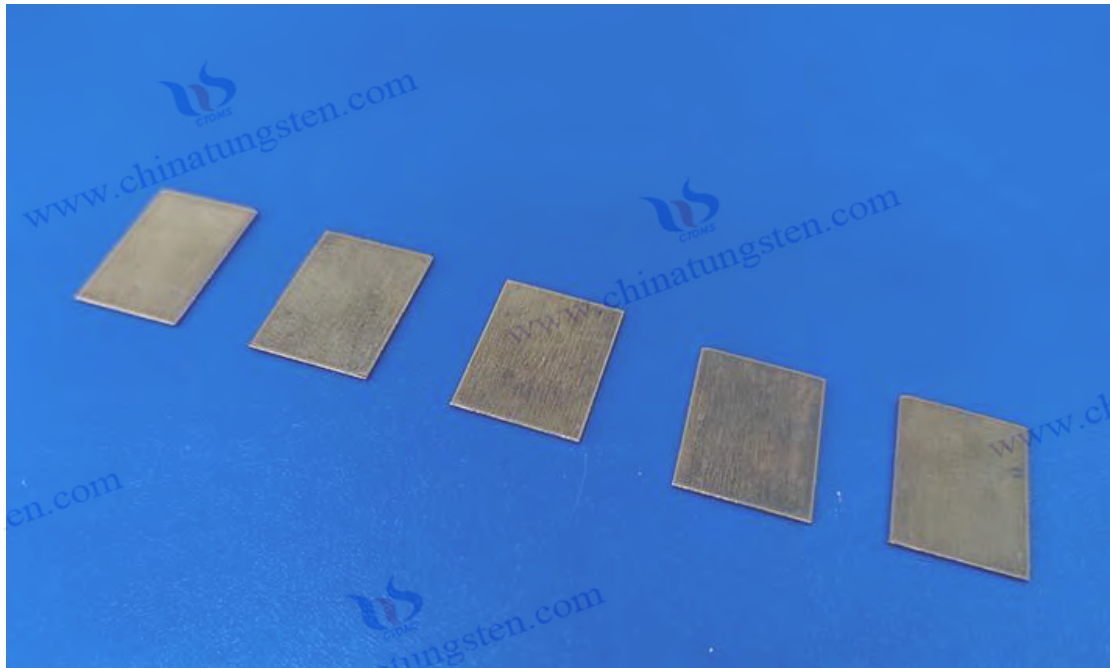
Email: sales@chinatungsten.com; Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: molybdenum.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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 モリブデンシート

第 5 章 モリブデンシートの製造および性能試験装置

5.1 モリブデン鉱石の採掘設備

モリブデン鉱石の採掘は、モリブデンシートの生産の最初のステップであり、機器の選択は原材料の入手効率とコストに直接影響します。鉱床の地質条件に応じて、採掘設備は露天掘り採掘設備と地下採掘設備に分けられ、浅い大きな鉱床と深い複雑な鉱床に適しています。CTIA GROUP LTD モリブデンシート は、モリブデン鉱(MoS_2)原料の高品質で安定した供給を確保するために、効率的な採掘設備に依存しています。ここでは、露天掘り・地下採掘設備の種類や機能、応用ポイントについて詳しく説明します。

5.1.1 モリブデン鉱石の露天掘り採掘設備

露天掘り鉱山設備は、中国の洛陽市の Luanchuan や米国の Klemax など、浅く埋もれたモリブデン鉱床の処理に使用され、主に掘削リグ、発破装置、掘削機、ダンプトラック、ローダーが含まれます。掘削リグ(ロータリー掘削リグやダウンザホール掘削リグなど)は、通常、穴径 100 ~ 250mm、最大 20 ~ 50m/h の貫通速度で、ブラストレイアウトを最適化するための高精度 GPS 測位システムを搭載したプレブラスト掘削に使用されます。ブラスト装置は硝酸アンモニウムまたはエマルジョン爆薬を使用し、ブラストは電子起爆装置によって正確に制御され、鉱石を 0.1 ~ 1 メートルの粒子サイズに粉碎し、希釈率を低下させます(目標 < 10%)。油圧ショベル

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(電動ショベルや油圧ショベルなど、容量 10~30 m³)は、5,000~10,000 t/h の生産能力で廃石の剥離と鉬石の抽出を担当します。ダンプトラック(50~200 トン、キャタピラー797F など)は、鉬石を濃縮器に輸送するために使用され、輸送効率を向上させるための自動ナビゲーションシステムが装備されています。ローダー(例えば、バケット容量が 5~15 立方メートルのホイールローダー)は、鉬石や廃石の積み重ねと移動に使用されます。主なポイントには、モリブデン酸塩硬度(モース硬度で 1~1.5)に対処するための高い耐摩耗性、ストリッピング率(3:1~10:1)を減らすためのブラストおよび掘削が含まれます。スプレー粉じん抑制(粉じん濃度 <10mg/m³)や排水リサイクルなどの環境対策を徹底しています。これらの施設の効率的な相乗効果により、露天掘りでは高品位のモリブデン鉬石(0.1~0.5%のモリブデン)が得られます。

5.1.2 モリブデン鉬石の地下採掘設備

地下採掘設備は、主にロードヘッダー、削岩機、ローダー、鉬山トラック、巻き上げシステムなど、中国吉林省やカナダの一部など、深い地質条件または複雑な地質条件のモリブデン鉬床に適しています。TBM(フルセクション TBM、アンカーショベルなど)は、約 5~10m/日の速度でトンネルを掘削するために使用され、道路の精度(偏差<5cm)を確保するためのレーザーナビゲーションが装備されています。削岩機(油圧ドリルリグなど)は、発破と掘削に使用され、穴径は 50~100 mm、掘削効率は 10~20 m/h で、ルーム&ピラーまたはフィル&フィルマイニングに適しています。ローダー(スクレーパー、バケット容量 2-5m³など)は、砕かれた鉬石(粒子サイズ 0.1-0.5m)の積み込みを担当し、滑りやすい道路に対応するためのスノーチェーンが装備されています。トロック(10~30 トン)は、トラックまたは無軌道システム(ウインチまたはウインチ、500~2000 kW など)を介して鉬石を吊り上げシャフトに輸送し、1000~5000 トン/日の効率で鉬石を地表に持ち上げます。主なポイントは次のとおりです:機器は、狭い通路(幅 3~5 m、高さ 3~4 m)に収まるほどコンパクトである必要があります。換気システム(風量 ≥3m³/s・人)により、操作の安全性を確保します。遠隔操作の削岩機などの自動制御により、効率が向上し、労働リスクが軽減されます。地下採掘設備は、高い摩耗や損傷に対処するために定期的なメンテナンスが必要であり、鉬石の回収(70~90%)とグレードの一貫性を確保し、モリブデンシート生産のための安定した原料を提供します。

5.2 モリブデン鉬石の鉬物処理装置

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

選鉱装置は、低品位のモリブデン鉱石(0.1~0.3%のモリブデン含有量)を高品位のモリブデン精鉱(50~60%のモリブデン含有量)に処理するために使用されます。鉱物処理装置には、破碎装置、粉碎装置、分級装置、浮選装置が含まれ、物理的および化学的方法によってモリブデン石を関連鉱物(石英やマグネタイトなど)から分離します。以下は、これらのデバイスの機能、パフォーマンス、および動作の要点の詳細な分析です。

5.2.1 モリブデン鉱石の破碎装置

破碎プラントは、生鉱石(0.1~1 m)を選鉱に適した粒子サイズ(10~50 mm)に粉碎するために使用され、その後の粉碎と浮選の基礎を築きます。主な設備には、ジョークラッシャー、コーンクラッシャー、インパクトクラッシャーが含まれます。ジョークラッシャー(例:PE シリーズ、出力 75-200kW)は、一次破碎に使用され、処理能力は 100-1000 t/h で、鉱石を 50-150 mm に破碎し、高硬度のモリブデンに適しています。コーンクラッシャー(HP シリーズ、200-500kW など)は、粒径 10-50mm、破碎比 4:1 までの二次破碎に使用され、粒度を均一にするための油圧調整システムが装備されています。インパクトクラッシャーは、脈石含有量の多い鉱石に適した微粉碎に使用され、5~20mm の粒子サイズを生成します。主なポイントは次のとおりです:

機器には、モリブデンの研磨性に対処するために、耐摩耗性ライナー(高マンガン鋼など)を装備する必要があります。振動スクリーン(スクリーン穴 10-50 mm)は、クラッシャーと組み合わせて使用され、粒子サイズが要件を満たしていることを確認します。粉塵制御(スプレーまたは袋の除去、粉塵濃度<10mg/m³)は環境基準を満たしています。破碎プラントの効率的な運転により、鉱石が完全に解離され、選鉱のための高品質の投入物が提供されます。

5.2.2 モリブデン鉱石の粉碎装置

粉碎装置は、粉碎された鉱石をさらに-200 メッシュ(約 74 ミクロン)に精製するため、モリブデンモノマーの解離度は 80%以上に達し、浮選の要件を満たします。主な設備はボールミルとロッドミルです。ボールミル(例えば MQG シリーズ、200-1000 kW)は、鋼球(直径 20-100 mm)と鉱石の衝突によって粉碎され、容量は 50-500 t/h、研削精度は 70-80%-200 メッシュで、送り速度と速度(20-30 rpm)を最適化するための自動制御システムが装備されています。ロッドミルは粗挽きや粘土含有鉱石に使用され、鋼棒(長さ 2~3m)は過粉碎用に縮小され、0.5~2mm の粒径が生成されます。キーポイントには、効率を維持するために粉碎媒体を定期的に交換する必要があります(0.5~1 kg/t のボール消費量)。湿式粉碎(水と鉱石の比率 1:1-2:1)は、粉塵を減らし、解離を改善します。閉回路研削は、分級機と組み合わせて、均一な粒度分布(D50、約 50-100 ミクロン)を確保します。粉碎装置の高効率、浮選回収率(85-95%)に直接影響します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.2.3 モリブデン鉱石の等級付け装置

分級機は、粉碎スラリーを粒子サイズで分離し、浮選効率を最適化するために使用され、一般的に使用される機器には、スパイラル分級機とハイドロサイクロンが含まれます。スパイラル分級機(例:FG シリーズ、出力 5-15kW)は、スパイラルブレードを介して粗い(>0.15 mm)と細かい(<.15 mm)を分離し、容量は 20-200 t/h、グレーディング効率は 70-85%です。

ハイドロサイクロン(FX シリーズなど、入口圧力 0.1~0.3MPa)は、遠心力を利用して、高い分

級精度(誤差<5%)と 10~100m³/h の容量で細粒スラリー(<0.1mm)を分級します。主なポイント

は次のとおりです:分級機はミルとの閉回路サイクルを持つ必要があり、リターン率(100-300%)を最適化して過粉碎を減らす必要があります。耐摩耗性を向上させるための機器の裏地(ポリウレタンなど)。排水のリサイクル率は 80%、水使用量を削減しています。グレーディング装置は、モリブデンの粒子サイズが浮選に適していることを確認し、濃縮物のグレードを向上させます。

5.2.4 モリブデン鉱石の浮選装置

浮選装置は、モリブデン鉱の疎水性分離を使用してモリブデン精鉱を分離し、コア装置は浮選機です。機械式攪拌浮選セル(SF または XCF シリーズ、出力 15-100kW など)は、インペラ(速度 200-400rpm)を介して気泡(空気または窒素、流量 1-2m³/分)を生成し、モリブデンが気泡に付着して泡層を形成し、モリブデン濃縮物(モリブデン含有量 50-60%)を生成します。浮遊選鉱セルは、自動投与システム(キサン酸 0.1-0.3 kg / t、テルビネオール 0.05-0.1 kg / t)と 8-10 の pH 制御を備えた 4-20m³の容積を有する。キーポイントは次のとおりです:浮遊選鉱セルには、

大まかな分離、選択、掃引のために複数のタンクを直列(6~12 タンク)に必要とし、回収率は

85~95%です。気泡サイズ(0.5~2 mm)とスラリー濃度(20~30%)を正確に制御する必要があります

ます。環境基準を満たすために、尾鉱や廃水を処理する必要があります(リサイクル率>80%)。浮選装置の効率的な操作により、モリブデン精鉱の高品位で低不純物が保証され、モリブデンシート製造に高品質の原材料が提供されます。

5.3 モリブデンシートの成形設備

モリブデンシートの成形装置は、高純度モリブデン粉末またはモリブデンブランクから薄いシート材料に加工するためのコアツールであり、モリブデンシートの厚さ精度、表面品質、および機械的特性に直接影響します。成形装置には、主に粉末冶金装置と圧延装置が含まれ、そのうち粉末冶金装置を使用して、モリブデンシートの製造における基本的なリンクである高純度で均一な構造のモリブデンピレットを調製します。CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、高度な成形装置に依存して、製品の高精度と一貫性を確保し、エレクトロニクス、航空宇宙、高温産業のニーズを満たします。以下は、粉末冶金装置における粉末プレス装置および焼

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

結装置の機能、性能、および操作ポイントの詳細な説明です。

5.3.1 モリブデンシートの粉末冶金装置

粉末冶金装置は、高純度モリブデン粉末(≥純度 99.95%、粒子サイズ 1~10 ミクロン)を緻密なモリブデンピレットに加工するために使用され、その後のモリブデンシートの圧延または直接成形の基礎を提供します。粉末冶金プロセスは、粉末プレスと焼結の 2 つの主要なステップで構成されており、冷間静水圧プレス、油圧プレス、真空焼結炉などの機器が関与しています。これらの機械は、圧力、温度、雰囲気を正確に制御して高密度(>98%)と低不純物含有量(鉄、銅<20ppm)を確保することにより、高性能モリブデンシートの製造の基礎を提供します。

5.3.1.1 モリブデンシート用粉末プレス装置

粉体プレス装置は、モリブデン粉末を一定の形状と強度を持つブランクにプレスする装置で、一般的な装置には冷間静水圧プレス(CIP)や油圧プレスなどがあります。冷間静水圧プレス(CIP-400 シリーズ、圧力 100-400MPa など)は、液体媒体(水や油など)を介してモリブデン粉末に均一な圧力を加え、密度 60~70%のプレートまたはロッドブランク(サイズ 100~500mm)にプレスします。その利点は、圧力が均等に分散され、ピレット内の応力の集中を避け、モリブデンピレットの大型または複雑な形状の製造に適していることです。油圧プレス(例:4 列油圧プレス、出力 200-1000kW)は、一方向プレス、圧力 50-200 MPa、小さなブランク(厚さ 10-50 mm)、高い生産効率(1 分あたり 1-3 個)に適しています。プレス工程では、モリブデン粉末を事前にふるいにかけ(100~200 メッシュ)、ブランクの強度を向上させるために少量のバインダー(ポリビニルアルコール、0.1~0.5%)を添加する必要があります。主なポイントは次のとおりです:金型は、高圧に耐えるために高強度鋼または超硬で作られている必要があります。プレスパラメータ(圧力保持時間 10~30 秒など)は、ブランクの均一性を確保するために最適化する必要があります。粉じん抑制システム(粉じん濃度<5mg/m³)を搭載し、運転環境を保護します。プレスされたモリブデンピレットは、焼結のための高品質のインプットを提供し、後続のモリブデンシートの一貫した性能を保証します。

5.3.1.2 モリブデンシートの焼結装置

焼結装置は、粉末冶金のコアステップである高温でプレスされたモリブデンピレットを高密度ピレットに統合するために使用されます。一般的に使用される機器には、真空焼結炉と水素保護焼結炉が含まれます。真空焼結炉(VSF シリーズ、電力 100-500kW など)は、10⁻⁵Pa の真空度-10°C、温度 1800-2000°C で動作し、焼結時間は 2~6 時間であるため、モリブデン粉末粒子

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

が拡散によって結合され、粒径は 10～50 ミクロンに制御され、密度は 98～99%に達します。

真空環境は酸化を効果的に防ぎ、酸素含有量を<50ppm に低減し、高純度モリブデンシート(≥99.95%)原料の製造に適しています。水素保護焼結炉(温度 1600-1900°C、水素純度≥99.99%、流量 1-2m³/h)は、還元雰囲気を通じて微量酸化物を除去し、通常の純度モリブデンシート(99-99.9%)に適しています。焼結モリブデンピレットの引張強度は約 500～700MPa で、密度は理論値(10.22g /cm³)に近いです。キーポイントには、ピレットの亀裂を防ぐためのランプアップ速度(5-10°C/min)の正確な制御が含まれます。酸素漏れがないことを確認するための炉内雰囲気監視。冷却速度(10-20°C/min)により、粒状構造が最適化されます。焼結装置の高性能は、モリブデンピレットの高密度と低不純物を確保し、その後の圧延処理に高品質の基盤を提供し、電子ターゲットと高温コンポーネントのニーズを満たします。

5.3.2 モリブデンシート用圧延装置

圧延装置は、モリブデンシート成形プロセスのコアツールであり、焼結したモリブデンピレットを特定の厚さ、サイズ、および性能の薄いシートに加工するために使用され、電子機器、航空宇宙、高温産業で広く使用されています。圧延装置は、熱間圧延機と冷間圧延機に分けられ、それぞれより厚い(0.5-3 mm)と超薄型(0.01-0.1 mm)のモリブデンシートを製造し、変形量、温度、雰囲気を正確に制御することにより、モリブデンシートの結晶粒構造、強度、表面品質を最適化します。CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、製品の高精度と一貫性を確保し、ハイエンドアプリケーションのニーズを満たすために、高度な圧延装置に依存しています。以下は、モリブデンシートの熱間圧延機と冷間圧延機の機能、性能、および操作の要点について詳細に説明したものです。

5.3.2.1 モリブデンシート用熱間圧延機

熱間圧延機は、高温(1000-1400°C)でのモリブデンピレットのマルチパス圧延に使用され、厚さ 0.5～3mm のモリブデンシートを製造し、高温炉部品や航空宇宙構造部品に適しています。一般的に使用される機器は、高温でのモリブデンの酸化を防ぎ、揮発性 MoO₃を形成するための真空または不活性ガス(アルゴンなど)保護システムを備えた4段熱間圧延機または可逆熱間圧延機(SMS グループ機器、500-2000kW など)です。熱間圧延機の作業ロール直径は 300～600mm、圧延速度は 1～5 m/min、変形は亀裂を避けるために毎回 20～30%に制御されます。モリブデンピレット(通常は粉末冶金法、厚さ 10～50 mm)は、予熱炉で 1100～1300°C に加熱され、圧延機に入り、50～100 ミクロンの粒径で複数のパス(6～10 パス)で徐々に薄くなり、モリブデンシートに良好な延性(破断点伸び 10～15%)と高温強度(1200°C で約 500MPa)を与えます。表

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

面粗さは一般に Ra 1.0~2.0 ミクロンであり、酸洗によって最適化できます。主なポイントは次のとおりです: ロールギャップと温度の正確な制御(偏差 $<10^{\circ}\text{C}$)により、厚さの公差($\pm 0.05\text{mm}$)を確保します。大気の高純度($\geq 99.99\%$)を酸化から保護します。インライン厚さ計と冷却システム(冷却速度 $10\text{--}20^{\circ}\text{C}/\text{min}$)を装備し、粒構造を最適化します。熱間圧延機の利点は、大量生産に適した高い生産効率($10\text{--}50$ トン/日)であり、化学機器のライニングや高温炉発熱体の製造に広く使用されています。

5.3.2.2 モリブデンシートの冷間圧延機

冷間圧延機は、さらに熱間圧延モリブデンシートまたは焼結モリブデンブランクを室温またはそれに近い温度で圧延して、厚さ $0.01\text{--}1\text{mm}$ の超薄型モリブデンシートを製造し、半導体ターゲットやマイクロエレクトロニクス基板に適しています。一般的に使用される設備は、高強度ワークロール(直径 $100\text{--}300\text{mm}$ 、硬度 HRC60-65)と自動ロールギャップ制御システム(精度 0.001mm)を備えた高精度の 4 ロールまたはマルチロール冷間圧延機(例: センテジミアミル、 $200\text{--}1000\text{kW}$)±。冷間圧延の変形は毎回 $10\text{--}20\%$ に制御され、圧延速度は $0.5\text{--}3\text{ m}/\text{min}$ で、加工硬化による亀裂を防ぎます。冷間圧延モリブデンシートは、粒径が小さく($5\text{--}20$ ミクロン)、引張強度が $900\text{--}1200\text{MPa}$ ですが、応力緩和焼鈍($800\text{--}1100^{\circ}\text{C}$)により延性(破断点伸び $5\text{--}8\%$)と靱性(破断点伸び $10\text{--}12\%$)が小さくなっています。表面品質は優れており、研磨後の粗さは Ra0.4 ミクロンに達する可能性があり、厚さの公差は $\pm 0.005\text{mm}$ に制御されています。

主なポイントは次のとおりです: 表面欠陥を減らすための油性潤滑剤(粘度 $10\text{--}20\text{ cSt}$)の使用。インライン欠陥検出(レーザースキャンなど)を装備し、表面品質を確保します。焼鈍炉は、酸化を防ぐために真空または水素保護(純度 $\geq 99.99\%$)である必要があります。冷間圧延機は、薄膜蒸着や X 線管アセンブリなどのエレクトロニクス業界の要求の厳しい用途向けに、超薄型で高精度のモリブデンシートを製造するという利点がありますが、設備コストが高く、ロール表面と制御システムの定期的なメンテナンスが必要です。

5.4 モリブデンシートの性能試験装置

モリブデンシートの性能試験装置は、製品が電子機器、航空宇宙、および高温産業の厳しい要件を満たしていることを確認するために、その物理的および化学的特性を評価するために使用されます。この試験装置は、密度、融点、電気伝導率、熱伝導率などの主要なパラメータをカバーし、高精度の機器を通じて信頼性の高いデータを提供し、モリブデンシートの純度、構造、機能を検証します。CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、性能パラメータが ASTM B386 規格に適合することを確認するための高度な試験装置に合格しています。たとえば、密度 $10.22\text{ g}/\text{cm}^3$ 、抵抗率約 $5.2\times 10^{-8}\text{ }\Omega\cdot\text{m}$ 、熱伝導率は約 $138\text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$ です。ここでは、モリブデンシートの密度測定装置、融点試験装置、導電率試験装置、熱伝導率試験装置の種類、機

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

能、動作点について詳しく説明します。

5.4.1 モリブデンシートの密度測定装置

密度測定装置は、モリブデンシートの密度(理論値 10.22 g/cm^3)を測定し、その密度と純度を評価するために使用され、品質管理と材料認証に適しています。一般的に使用される機器には、アルキメデス排水装置と X 線密度計が含まれます。アルキメデスの排水装置(メトラー・トレドの密度計、精度 $\pm 0.001 \text{ g/cm}^3$ など)は、 $0.1\text{-}20 \text{ g/cm}^3$ の試験範囲で空気および液体(通常は脱イオン水)中のモリブデンシートの質量を測定することにより密度を計算し、厚さ $0.01\text{-}3 \text{ mm}$ のモリブデンシートに適しています。運転中は、モリブデンシートを洗浄し(超音波洗浄、油除去)、液体に浸すときに気泡を避け、測定誤差を $\pm 0.01 \text{ g/cm}^3$ に制御する必要があります。X 線濃度計(PANalytical X'Pert など、精度 $\pm 0.005 \text{ g/cm}^3$)は、試料を破壊せずに X 線吸収により材料の密度を分析できるため、高精度な検出に適しています。主なポイントは次のとおりです:精度を確保するための装置の校正(純粋なモリブデンブロックなどの標準サンプルを使用)。熱膨張の影響を排除するために、試験環境を一定の温度($20 \pm 1^\circ\text{C}$)に保つ必要があります。信頼性を向上させるために、複数の測定値が平均化されます。密度測定装置は、モリブデンシート中の微細な欠陥(ポロシティ $<2\%$)を検出し、半導体ターゲットや高温部品に適していることを確認します。

5.4.2 モリブデンシートの融点試験装置

融点試験装置は、モリブデンシート(約 2620°C)の融点を検証し、高温性能と純度を確認するために使用され、航空宇宙および高温炉アプリケーションに適しています。一般的に使用される装置は、高温示差走査熱量測定(DSC)およびレーザーフラッシュ溶解装置です。高温 DSC(例:Netzsch STA 449、温度範囲 $25\text{-}2800^\circ\text{C}$ 、精度 $\pm 5^\circ\text{C}$)は、モリブデンシートサンプル(質量 $5\text{-}10 \text{ mg}$)を加熱し、吸熱ピークを記録することにより融点を決定します。酸化を防ぐために、タングステンつぼとアルゴン保護($\geq$ 純度 99.99%)を備えています。レーザーフラッシュ溶解装置(LFA 467、温度範囲 $1000\text{-}3000^\circ\text{C}$ など)は、レーザーパルスでモリブデンシートの表面を加熱し、赤外線温度計と組み合わせて熔融温度を記録し、テスト時間が短く(<1 分)、迅速な検出に適しています。主なポイントは次のとおりです:サンプルは、不純物と低融点を避けるために高純度($\geq 99.95\%$)である必要があります。試験雰囲気は厳密に制御する必要があります(酸素含有量 $<10 \text{ ppm}$)。装置は定期的に校正する必要があります(タングステン標準、融点 3422°C を使用)。融点試験装置は、高温環境(真空炉など)でのモリブデンシートの安定性を確保し、誤差は $\pm 10^\circ\text{C}$ 以内に制御されています。

5.4.3 モリブデンシートの導電率試験装置

導電率試験装置は、モリブデンシート(約 $5.2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$)の抵抗率を測定し、その電気的特性を評価するために使用され、エレクトロニクス産業の電極およびターゲットアプリケーションに適しています。一般的に使用される機器は、4 プローブテスターと導電率計です。4 プロー

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ブ・テスタ(例:ケースレー2635B、精度 $\pm 0.01\%$)は、定電流(1-100 mA)を印加し、4つの等距離プローブ(1-2 mm 間隔)で電圧を測定することにより、モリブデン・シートの抵抗率を計算します。これは、厚さ 0.01-3 mm のモリブデン・シートに適した $10^{\circ}10^{\circ}\text{C}-10^{\circ}\text{C} \cdot \Omega \cdot \text{m}$ の試験範囲です。導電率計(シグマスコープ SMP350、周波数 10-100kHz など)は、渦電流法により非接触で導電率(S/m)を測定し、広い範囲のモリブデンシートの迅速な検出に適しています。重要なポイントには、接触抵抗を減らすためにモリブデンシートの表面を研磨($R_a \leq 0.4$ ミクロン)する必要があります。干渉を避けるために試験環境を一定の温度と湿度($20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $< 50\%$)にする必要があります。精度を確保するために、複数の測定値(少なくとも 5 回)が平均化されます。4プローブテスターは、モリブデンシートの粒界抵抗と不純物の影響を検出し、半導体薄膜堆積における導電性安定性を確保します。

5.4.4 モリブデンシートの熱伝導試験装置

熱伝導率試験装置は、モリブデンシート(約 $138 \text{ W/m} \cdot \text{K}$)の熱伝導率を測定し、その熱管理性能を評価するために使用され、放熱基板や高温炉部品に適しています。一般的に使用される機器は、レーザーフラッシュ熱伝導率計と定常状態の熱流装置です。レーザーフラッシュの熱伝導率(例:Netzsch LFA 467、精度 $\pm 3\%$)は、モリブデンシート(サンプルサイズ $10 \times 10 \times 0.5-3 \text{ mm}$)の片面をレーザーパルスで加熱し、赤外線温度計は反対側の温度上昇を記録し、熱伝導率を計算し、温度範囲 $20 \sim 1500^{\circ}\text{C}$ をテストし、酸化を防ぐためにアルゴン保護(純度 $\geq 99.99\%$)を備えています。定常熱流装置(例:Hot Disk TPS 2500S、精度 $\pm 2\%$)は、モリブデンディスクにサーマルプローブを埋め込むことにより、定常熱流下での温度勾配を測定し、大きなサンプル($20 \times 20 \text{ mm}$)に適しています。重要なポイントは、熱接触を確保するための平坦なサンプル表面($R_a \leq 0.4 \mu\text{m}$)、酸化影響を避けるための真空または不活性雰囲気での試験、標準サンプル(例:ステンレス鋼、熱伝導率 $16 \text{ W/m} \cdot \text{K}$)を使用した機器の校正です。モリブデンシートの熱伝導率を検証し、電子包装や高温熱シールドでの性能を $\pm 5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ の誤差で確認する熱伝導性試験装置です。

5.5 モリブデンシートの機械的特性試験装置

機械的特性試験装置は、モリブデンシートの強度、硬度、靱性、耐疲労性を評価し、航空宇宙、電子機器、高温産業の厳しい要件を満たすために使用されます。これらのデバイスは、機械的負荷や衝撃を加えることにより、モリブデンシートの引張強度、硬度、破壊靱性などの主要なパラメータを測定し、品質管理と材料認証のためのデータサポートを提供します。CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、高度な機械的特性試験装置を通じて ASTM B386 規格を満たしており、引張強度 ($800-1200 \text{ MPa}$)、硬度 ($220-250 \text{ HV}$)、靱性 (破壊靱性 $10-15 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

m^{1/2}) が ASTM B386 規格に適合していることを確認します。以下は、モリブデンシートの機械的特性を試験する際の万能材料試験機、硬さ試験機、および衝撃試験機の機能、性能、および操作ポイントの詳細な説明です。

5.5.1 モリブデンシートの機械的特性をテストするための万能材料試験機

万能材料試験機(UTM)は、モリブデンシートの機械的特性を試験するための中核装置であり、引張強度、降伏強度、破断点伸び、弾性率の測定に使用され、厚さ 0.01~3mm のモリブデンシートに適しています。Instron 5982 や MTS Criterion シリーズ(荷重範囲 1 ~ 100 kN、精度 ±0.5%) などの一般的に使用される装置は、引張試験、圧縮試験、または曲げ試験によってモリブデンシートの性能を評価します。引張試験では、モリブデンシートサンプル(ASTM E8 などの標準サイズ、幅 5~10 mm)を固定器具の間に固定し、一定速度(1~10 mm / min)で破壊まで引き伸ばし、応力-ひずみ曲線を記録して引張強度(800~1200 MPa)、降伏強度(約 600~900 MPa)、および破断点伸び(5~15%)を与えます。高温引張試験(1000-1500°C)は、実際の作業条件をシミュレートし、高温強度(1200°C で約 500-700 MPa)をテストするために、高温炉(アルゴン保護、純度≥99.99%)を装備する必要があります。主なポイントには、応力集中を避けるためのサンプル表面(Ra ≤0.4 ミクロン)の研磨、テストの一貫性を確保するためのフィクスチャアライメント精度(<0.1 mm)が含まれます。試験環境は、一定温度(20±1°C)または厳密に制御された高温雰囲気(酸素含有量<10ppm)である必要があります。万能材料試験機は、モリブデンシートの機械的特性を正確に評価し、航空宇宙構造物や高温炉部品の信頼性を確保します。

5.5.2 硬さ試験機は、モリブデンシートの機械的特性をテストします

硬さ試験機は、モリブデンシートの変形や摩耗に対する耐性を反映して、モリブデンシートの硬さを測定するために使用され、その機械的特性を評価するための重要なツールです。一般的に使用される機器には、ビッカース硬さ試験機(例:Wilson VH3300、0.1-10 kgf、精度±1 HV)およびブリネル硬さ試験機(例:ツビックローエル ZHU250、5-3000 kgf)が含まれます。ビッカース硬さ試験では、モリブデンシート(Ra≤0.4 ミクロンに研磨)の表面に 1~5 kgf の荷重を加え、ダイヤモンド圧子(136°コーン角)を介してサンプルをプレスし、くぼみの対角線の長さを測定し、硬度値を計算します(高純度モリブデンシートの場合は 220~250 HV、TZM 合金の場合は 300~350 HV)。ブリネル硬さ試験では、硬度値が約 230~10 HB の厚いモリブデンシート(>1 mm)に超硬ボール圧子(直径 2.5~10 mm)を使用します。試験は一定の温度環境(20±1°C)で実施し、穀物の不均一性の影響を減らすために少なくとも 5 ポイントを平均化する必要があります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

す。重要なポイントは次のとおりです:サンプル表面はきれいで、酸化物層がない必要があります(酸洗いまたは超音波洗浄)。圧子と荷重は、厚さに応じて選択する必要があります(薄いシートの低荷重<0.1mm)。装置は定期的に校正する必要があります(標準の硬度ブロックを使用)。硬さ試験機の試験結果は、モリブデンシートの加工硬化効果と耐摩耗性を確認でき、電子ターゲットや切削工具コーティング基板に適しています。

5.5.3 モリブデンシートの機械的特性をテストするための衝撃試験機

衝撃試験機は、モリブデンシートの靱性と耐衝撃性を評価するために使用され、破壊靱性(K_{IC})または衝撃吸収エネルギーを測定することにより、動的負荷下での性能を検証します。一般的に使用される機器は、Charlest 衝撃試験機(例:ZwickRoell HIT シリーズ、エネルギー範囲 5-300 J、精度 ± 0.1 J)および落錘衝撃試験機(例:Instron Dynatup、エネルギー 50-1000 J)です。チャールレスト衝撃試験は、標準的な試験片(例:ASTM E23、サイズ 10×10×55mm、V ノッチ付き)に瞬間的な衝撃を加え、破断時に吸収されたエネルギー(モリブデンシートの場合は約 5-15J)を記録し、その靱性(破壊靱性 $10-15\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)を反映します。落錘試験は、薄いモリブ

デンシート(厚さ 0.01~1 mm)に適しており、自由落下衝撃(高さ 0.5~2 m)による耐衝撃性を測定し、航空宇宙部品の振動環境をシミュレートするのに適しています。高温衝撃試験(1000°C)は、酸化を防ぐためにアルゴン保護炉(純度 $\geq 99.99\%$)を装備する必要があります。重要なポイントは次のとおりです:サンプルノッチは正確に機械加工する必要があります(深さ 2mm、角度 45°)。試験温度を制御する必要があります($20\pm 1^\circ\text{C}$ または高温 $\pm 10^\circ\text{C}$)。信頼性を確保するために、複数のテスト(少なくとも 3 回)が平均化されます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD
Molybdenum Sheet Introduction

1. Overview of Molybdenum Sheet

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

2. Features of Molybdenum Sheet

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

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

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

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

3. Specifications of Molybdenum Sheet

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

4. Production Process

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

5. Purchasing Information

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

Website: molybdenum.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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 モリブデンシート

第 6 章モリブデンシートの性能試験方法

モリブデンシートの性能試験方法は、その物理的および化学的特性を正確に評価し、電子機器、航空宇宙、および高温産業の厳しい要件を満たすために使用されます。試験方法は、密度、融点、熱安定性などの主要なパラメータをカバーし、標準化されたプロセスと機器を通じてモリブデンシートの純度、構造、および機能を検証するための信頼性の高いデータを提供します。CTIA GROUP LTD モリブデンチップは、国際規格(ASTM B386 など)を使用して試験され、密度(10.22 g/cm^3)、融点(2620°C)、高温安定性などの性能パラメータが期待に応えることを確認しています。

6.1 モリブデンシートの密度試験方法

モリブデンシートの密度の試験方法は、その密度(理論値 10.22 g/cm^3)を測定するために使用され、材料の密度と純度を評価し、品質管理と認証に適しています。一般的に使用される方法は、アルキメデス排水法と X 線密度分析です。

浮力の原理に基づいて、アルキメデス排水法は、空気と液体中のモリブデンシートの質量差を測定し、密度を計算し、精度は $\pm 0.01 \text{ g/cm}^3$ に達することができ、厚さ $0.01 \sim 3 \text{ mm}$ のモリブデンシートに適しています。テストプロセスには以下が含まれます: 1) サンプル調製、モリブデンシートの超音波洗浄(5 分、油除去)、乾燥(60°C 、10 分)。2) 高精度の電子天びん(例: メトラートレド XS205、精度 $\pm 0.1 \text{ mg}$)を使用して、空気中の質量(m_1)を測定します。3) 浸漬測定、モリブデンシートを脱イオン水(密度 $\rho_0 = 1 \text{ g/cm}^3$ 、 20°C)に懸濁して、気泡の付着がないことを確認

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

し、水中の質量(m_2)を記録します。4)密度を計算し、式は $\rho = m_1 / (m_1 - m_2) \cdot \rho_0$ で、測定を 3〜5 回繰り返して平均値を取ります。

X 線デンシトメトリーは、X 線密度計(PANalytical X'Pert など)を用いて、試料を破壊することなく X 線吸収強度から密度を $\pm 0.005 \text{ g/cm}^3$ の精度で計算するため、高精度な検出に適しています。主なポイントは次のとおりです:熱膨張の影響を排除するために、テスト環境を一定の温度($20 \pm 1^\circ\text{C}$)に保つ必要があります。誤差を減らすために、サンプル表面は平坦($R_a \leq 0.4 \mu\text{m}$)である必要があります、キャリブレーション装置では標準サンプル(純粋なモリブデンブロックなど)を使用します。密度試験では、多孔性(ターゲット $< 2\%$)と不純物の影響を検出し、モリブデンシートが半導体ターゲットと高温コンポーネントに適していることを確認します。

6.2 モリブデンシートの融点試験方法

モリブデンシートの融点試験方法は、融点(約 2620°C)を確認して高温性能と純度を確認するために使用され、航空宇宙および高温炉の用途に適しています。一般的に使用される方法は、示差走査熱量測定(DSC)とレーザーフラッシュ溶融法です。DSC 法は、高温示差走査熱量計(例:Netzsch STA 449、温度範囲 $25\text{--}2800^\circ\text{C}$ 、精度 $\pm 5^\circ\text{C}$)により、加熱プロセス中のモリブデンシートの吸熱ピークを測定します。試験プロセスは、1)サンプル調製、モリブデンシート($5\text{--}10 \text{ mg}$ 、厚さ $0.1\text{--}1 \text{ mm}$)の切断、研磨($R_a \leq 0.4 \text{ ミクロン}$)および超音波洗浄、2)サンプルのローディング、サンプルをタングステンるつぼに入れ、アルゴン保護雰囲気(純度 $\geq 99.99\%$ 、酸素含有量 $< 10 \text{ ppm}$)に置くこと。3)加熱、 $5\text{--}10^\circ\text{C} / \text{min}$ の速度で 2800°C に加熱し、融点として吸熱ピーク温度を記録します。4)データ分析、テストを 3 回繰り返して平均を取ります。レーザーフラッシュ溶融法は、レーザーフラッシュ溶融装置(LFA 467 など、温度範囲 $1000\text{--}3000^\circ\text{C}$)を使用して、レーザーパルスによってモリブデンシート(面積 $5 \times 5 \text{ mm}$)の表面をすばやく加熱し、赤外線温度計は溶融温度を記録し、テスト時間は < 1 分です。主なポイントは次のとおりです:サンプルは、不純物と低融点を避けるために高純度($\geq 99.95\%$)である必要があります。酸化を防ぐために、試験雰囲気を厳密に制御する必要があります。このデバイスは、標準サンプル(タングステン、融点 3422°C など)を使用して校正されます。融点試験誤差は $\pm 10^\circ\text{C}$ に制御され、真空炉または高温部品内のモリブデンシートの安定性を確保します。

6.3 モリブデンシートの熱安定性の試験方法

モリブデンシートの熱安定性の試験方法は、高温環境、特に酸化性または真空雰囲気でのその構造的および性能的安定性を評価するために使用され、高温炉および航空宇宙用途に適しています。熱安定性試験は、主に熱重量分析(TGA)と高温アニーリング試験法によって行われます。TGA 法は、熱重量分析装置(TA Instruments Q500 など、温度範囲 $25\text{--}1500^\circ\text{C}$ 、精度 $\pm 0.1\%$)を使用して、高温でのモリブデンシートの質量変化を測定し、酸化傾向と揮発性損失を評価しま

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

す。試験プロセスには、1)サンプル調製、モリブデンシート(10-20mg、厚さ 0.1-1mm)の切断、超音波洗浄および乾燥、2)試験環境、アルゴン(純度 $\geq 99.99\%$)または空気雰囲気、加熱速度 5-10°C /分から 600-1500°C;3)データを記録し、質量損失率を測定します(目標<1000°C でアルゴンに 0.1%、酸化性雰囲気 で 600°C 以上で MoO_3 が生成される可能性があります)。4)酸化開始温度と揮発速度を分析します。高温焼鈍試験法は、真空焼鈍炉(例:カーボライトグロ、温度 1000-2000°C、真空度 10^{-5})で行われます。Pa)をモリブデンシートを 1200-1500°C に加熱し、1-4 時間インキュベートし、表面トポグラフィ(SEM 観察)と結晶粒変化(X 線回折)を確認した。重要なポイントには、酸化点を減らすためのサンプル表面の研磨($R_a \leq 0.4 \mu\text{m}$)と、厳密に制御された試験雰囲気(酸素含有量< 10 ppm)が含まれます。安定性を検証するための複数のテスト(3~5 回)。熱安定性試験は、高温でのモリブデンシートの耐酸化性と構造的完全性を確認し、真空炉の熱シールドまたはロケットノズルライニングでの信頼性を確保します。

6.4 モリブデンシートの導電率試験方法

モリブデンシートの導電率の試験方法は、その抵抗率(約 $5.2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$)を測定して電気的特性を評価し、電子産業の電極およびスパッタリングターゲットへの適合性を確認するために使用されます。一般的に使用される方法は、4プローブ法と渦流法です。4プローブ法は、厚さ 0.01-3mm のサンプルに適した 4 プローブテスター(例:ケースレー2635B、精度 $\pm 0.01\%$)でモリブデンシートの抵抗率を測定します。テストプロセスには、1)サンプル調製、モリブデンシート(サイズ 10×10 mm)の切断、 $R_a \leq 0.4$ ミクロンへの研磨、表面油を除去するための超音波洗浄、2)テストセットアップ、4 プローブ等距離配置(1~2 mm 間隔)、定電流(1~100 mA)の印加、電圧降下の測定が含まれます。3) 抵抗率を $\rho = (V/I) \cdot (A/L)$ 、ここで、V は電圧、I は電流、A はサンプルの断面積、L はプローブ間隔、および平均値は測定を 5 回繰り返すことによって取得されます。4)サンプルの厚さと温度($20 \pm 1^\circ\text{C}$)の影響を考慮したデータキャリブレーション。渦電流法は、導電率計(シグマコープ SMP350、周波数 10-100kHz など)を用いて、非接触渦電流による S/m 単位の導電率を測定する方式で、モリブデンシートの広い領域の迅速な検出に適しています。主なポイントは次のとおりです:サンプル表面に酸化物層がない。試験環境は、干渉を減らすために、温度と湿度を一定(湿度<50%)にする必要があります。このデバイスは、銅などの標準導体を使用して較正され、抵抗率は $1.68 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ です。4 プローブ法は高精度で、高精度のターゲットに適しています。渦流探傷法は高効率で、バッチ試験に適しています。導電率試験は、半導体薄膜の成膜におけるモリブデンシートの電気的安定性を確保します。

6.5 モリブデンシートの熱伝導率試験方法

モリブデンシートの熱伝導率の試験方法は、その熱伝導率(約 $138 \text{ W/m} \cdot \text{K}$)を測定し、熱管理性能を評価するために使用され、放熱基板や高温炉部品に適しています。一般的に使用される方法は、レーザーフラッシュ法と定常熱流法です。レーザーフラッシュ法は、レーザーフラッ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

シュ熱伝導率計(Netsch LFA 467 など)で熱伝導率を $\pm 3\%$ で測定し、厚さ 0.5~3mm のモリブデンシートに適しています。テストプロセスには、1)サンプル調製、モリブデンシート(10×10 mm)の切断、 $Ra \leq 0.4$ ミクロンへの研磨、超音波洗浄、2)テストセットアップ、アルゴン保護環境(純度 $\geq 99.99\%$ 、酸素含有量 $< 10\text{ppm}$)へのサンプル配置、片側のレーザーパルス加熱、反対側の温度上昇を記録する赤外線温度計。3)式 $k = \alpha \cdot \rho \cdot C_p$ 、ここで、 α は熱拡散率(機器で測定)、 ρ は密度、 C_p は比熱容量(約 $0.25\text{J/g} \cdot \text{K}$)です。4)テストを 3~5 回繰り返して平均を算出します。定常熱流法は、熱流束計(例:Hot Disk TPS 2500S、精度 $\pm 2\%$)を使用して、熱プローブを通る定常熱流下の温度勾配を測定するもので、大きなサンプル(20×20 mm)に適しています。主なポイントは次のとおりです:一貫した熱流を確保するためのサンプルの厚さを均一にすること。試験温度は 20~1500°C に制御されています。キャリブレーションは、標準サンプル(例:ステンレス鋼、 $16\text{W/m} \cdot \text{K}$)を使用して行いました。レーザーフラッシュ法は高温試験に適しており、定常状態法は室温で大きなサンプルに適しています。熱伝導率試験は、電子パッケージ内のモリブデンシートの熱伝導効率を確保し、誤差は $\pm 5\text{W/m} \cdot \text{K}$ に制御されます。

6.6 モリブデンシートの熱膨張係数の試験方法

モリブデンシートの熱膨張係数の試験方法は、その線膨張係数(約 $4.8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 、20-1000°C)を測定して熱マッチング性能を評価するために使用され、半導体パッケージングや高温部品に適しています。最も一般的に使用される方法は、熱膨張計法と X 線結晶分析法です。膨張計法は、熱膨張計(例えば、Netsch DIL 402)を $\pm 0.1 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ の精度で使用し、加熱中のモリブデンシートの長さの変化を測定することにより熱膨張係数を計算します。試験プロセスは、1)サンプル調製、モリブデンシート(長さ 10-25 mm、厚さ 0.1-1 mm)の切断、 $Ra \leq 0.4$ ミクロンへの研磨、2)テストセットアップ、アルゴン保護環境へのサンプル曝露(純度 $\geq 99.99\%$)、2-5°C/分で 1000°C に加熱、長さ変化の記録(分解能 0.1 ミクロン)、3)式 $\alpha = \Delta L / (L_0 \cdot \Delta T)$ による熱膨張係数の計算。 ΔT 、ここで ΔL は長さの変化、 L_0 は初期の長さ、 ΔT は温度変化です。4)テストを 3 回繰り返して平均を算出します。X 線結晶分析は、X 線回折装置(例えば、ブルカー D8、精度 $\pm 0.05 \times 10^\circ\text{C}$)を用いて、高温での格子定数の変化を測定することで熱膨張係数を推定するもので、小さな試料に適しています。重要なポイントは次のとおりです:サンプルには表面欠陥がない必要があります。試験温度は正確に制御する必要があります($\pm 1^\circ\text{C}$)。キャリブレーションは、標準サンプル(アルミナ、 $7 \times 10^\circ\text{C}$ など)を使用して行います。熱膨張係数試験では、モリブデンシートとシリコンまたはセラミックとの熱適合性が保証され、誤差は $\pm 0.2 \times 10^\circ\text{C}$ に制御されます。

6.7 モリブデンシートの強度試験方法

モリブデンシートの強度試験方法は、その引張強度(800-1200 MPa)と降伏強度(600-900 MPa)を測定して機械的特性を評価するために使用され、航空宇宙および高温構造部品に適しています。最も一般的な方法は、万能材料試験機(例:インストロン 5982、荷重範囲 1~100 kN、精度

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0.5%)を使用した引張試験法。テストプロセスには、1)サンプル調製、モリブデンシート(ASTM E8 規格、幅 5-10 mm、厚さ 0.01-3 mm)の切断、 $Ra \leq 0.4$ ミクロンへの研磨が含まれます。2)テストセットアップ、サンプルは固定具に固定され、1~10 mm/min の速度で破壊に引き伸ばされ、応力-ひずみ曲線が記録されます。3)引張強度(最大応力)、降伏強度(0.2%オフセット応力)、および破断点伸び(5-15%)を計算するためのデータ分析。4)高温試験(1000-1500°C)にはアルゴン保護(純度 $\geq 99.99\%$)が必要です。キーポイントには、偏心荷重を回避するための固定具のアライメント精度($<0.1\text{mm}$)が含まれます。試験環境は、一定温度($20 \pm 1^\circ\text{C}$)または高温制御($\pm 10^\circ\text{C}$)です。テストを 3~5 回繰り返して平均化します。引張試験法は、室温と高温でのモリブデンシートの強度を評価し、ロケットノズルのライニングや高温炉部品での信頼性を確保します。

6.8 モリブデンシートの硬さの試験方法

モリブデンシートの硬さの試験方法は、ビッカース硬度(220-250 HV、TZM 合金 300-350 HV)を測定して変形や摩耗に対する耐性を評価するために使用され、電子ターゲットや切削工具基板に適しています。最も一般的な方法は、ビッカース硬さ試験機を使用するビッカース硬さ試験です(例:Wilson VH3300、荷重 0.1~10 kgf、精度 ± 1 HV)。テストプロセスは、1)サンプル調製、モリブデンシート(10×10 mm、厚さ 0.1~3 mm)の切断、 $Ra \leq 0.4 \mu\text{m}$ への研磨、超音波洗浄、2)ダイヤモンド圧子(136°コーン角)を使用したテストセットアップ、1~5 kgf(ラメラ <0.1 mm の場合は 0.1~0.5 kgf)の荷重を加え、10~15 秒間保持します。3)くぼみを測定し、顕微鏡を使用してくぼみの対角線の長さを測定し(倍率 400 倍)、硬度値を計算します($HV = 1.8544 \cdot F / d^2$ 、F は荷重、d はインデント対角線の平均長さです)。4)テストを 5~7 回繰り返して、平均を算出します。重要なポイントは次のとおりです:サンプル表面には酸化物層がない必要があります(酸洗)。負荷の選択は、基板の影響を避けるために厚さを一致させる必要があります。校正は、標準的な硬度ブロック(例:200 HV)を使用して行われます。ビッカース硬さ試験は、モリブデンシートの加工硬化と耐摩耗性の評価に適しており、スパッタリングターゲットでの安定性を確保します。

6.9 モリブデンシートの靱性の試験方法

モリブデンシートの靱性の試験方法は、破壊に対する耐性と衝撃エネルギーを吸収する能力を評価し、破壊靱性(K_{IC} 、約 10-15 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)を測定するために使用されます。一般的に使用される方法は、シャルナイシアン衝撃試験法と破壊靱性試験法です。焼けん鋼衝撃試験法は、焼けん鋼衝撃試験機を使用します(例:ツビックローエル HIT、エネルギー範囲 5-300 J、精度 ± 0.1 J)。テストプロセスには、1)サンプル調製、モリブデンシート(ASTM E23 規格、10×10×55

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

mm、V ノッチ深さ 2 mm、角度 45°)の切断、 $Ra \leq 0.4$ ミクロン)への研磨、2)テストセットアップ、サンプルを試験機に固定して振り子でノッチに衝撃を与え、吸収されたエネルギー(約 5〜15 J)が記録されます。3)データ分析、衝撃靱性の計算、テストを 3〜5 回繰り返して平均を取ります。4)高温試験(1000°C)にはアルゴン保護(純度 $\geq 99.99\%$ 、酸素含有量 $< 10\text{ppm}$)が必要です。破壊靱性試験法は、万能材料試験機(例:Instron 5982、荷重 1-100 kN)を使用し、片面ノッチ引張(SENB)サンプル(ASTM E399、厚さ 0.5-3 mm)を使用し、0.5-2 mm / min の速度で荷重をかけ、亀裂伝播力を記録し、 K_{IC} を計算します。キーポイントには、応力集中を回避するためのノッチ精度(± 0.01 mm)が含まれます。試験環境は、一定温度($20 \pm 1^\circ\text{C}$)または高温制御($\pm 10^\circ\text{C}$)です。キャリブレーションは、標準サンプル(例:鋼、約 $50 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} K_{IC}$)を使用して行われます。靱性試験は、動的負荷下でのモリブデンシートの耐破壊性を確保し、高温ノズルや半導体基板に適しています。

6.10 モリブデンシートの延性試験方法

モリブデンシートの延性試験方法は、破断点伸び(5〜15%)と塑性変形能力を測定し、その成形特性を評価するために使用され、薄膜堆積およびフレキシブル基板に適しています。最も一般的な方法は引張試験法で、万能材料試験機(例:MTS Criterion、荷重 1-100 kN、精度 $\pm 0.5\%$)を使用します。テストプロセスには、1)サンプル調製、モリブデンシート(ASTM E8 規格、幅 5-10 mm、厚さ 0.01-3 mm)の切断、 $Ra \leq 0.4$ ミクロンへの研磨が含まれます。2)テストセットアップ、サンプルは固定具に固定され、1〜10 mm / min の速度で破壊に引き伸ばされ、ひずみ曲線が記録されます。3)データ分析、破断点伸び($\Delta L/L_0 \times 100\%$)と面積減少率を計算し、テストを 3〜5 回繰り返して平均値を取ります。4)高温延性試験(1000-1200°C)では、延性(最大 20%)を向上させるために真空またはアルゴン保護(純度 $\geq 99.99\%$)が必要です。キーポイントには、均一な力を確保するための固定具のアライメント精度(< 0.1 mm)が含まれます。試験環境は、一定温度($20 \pm 1^\circ\text{C}$)または高温制御($\pm 10^\circ\text{C}$)です。サンプル表面には欠陥がなく、早期の破損を防ぎます。延性試験では、モリブデンシートの塑性加工能力を検証し、スタンピングや精密加工への適合性を確認します。

6.11 モリブデンシートの疲労特性の試験方法

モリブデンシートの疲労特性の試験方法は、繰り返し荷重下での耐久性を評価するために使用され、疲労限界(約 400〜500 MPa、 10^7 サイクル)を測定し、航空宇宙および高温振動環境に適しています。最も一般的な方法は、疲労試験機(MTS 810、荷重 1-100 kN、周波数 10-100 Hz など)を使用したハイサイクル疲労試験法です。テストプロセスには以下が含まれます:1)サンプル調製、モリブデンシート(ASTM E466、幅 5-10 mm、厚さ 0.1-3 mm)の切断、 $Ra \leq 0.4$ ミク

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ロンへの研磨。2)テストセットアップ、周期的ストレス(応力比 $R=0.1-0.5$)、周波数 20-50 Hz、ブレークまたは最大 10^7 回までの記録サイクルの適用。3)データ分析、SN 曲線描画、疲労限界の決定、高温試験(1000°C)にはアルゴン保護(純度 $\geq 99.99\%$)が必要です。4)テストを 5 回繰り返して、平均を算出します。重要なポイントは次のとおりです:サンプル表面は傷がつかない(超音波で洗浄される)必要があります。応力制御精度(± 1 MPa)により、一貫性が確保されます。校正には標準材料(ステンレス鋼など)が使用され、疲労限界は約 200MPa です。疲労試験により、タービンブレード支持体および原子炉部品内のモリブデンシートの長期安定性が保証されます。

6.12 モリブデンシートの耐食性試験方法

モリブデンシートの耐食性の試験方法は、化学媒体(非酸化性酸、塩基など)での安定性を評価し、腐食速度(10%塩酸で <0.01 mm /年)を測定するために使用され、化学機器のライニングに適しています。一般的に使用される方法は、浸漬腐食試験法と電気化学試験法です。浸漬腐食試験法は、腐食試験室(Q-FOG CCT、20-80°C など)を使用します。テストプロセスには、1)サンプル調製、モリブデンシート(20×20 mm、厚さ 0.1-3 mm)の切断、 $R_a \leq 0.4$ ミクロンへの研磨、超音波洗浄、2)テストセットアップ、腐食性媒体(10%塩酸、硫酸または NaOH、pH 1-14 など)への浸漬、20-60°C で 168-720 時間;3)データ解析、サンプルの質量損失(精度 ± 0.1 mg)の重量測定、腐食速度(mm/年)の計算、およびテストを 3 回繰り返します。電気化学試験法では、電気化学ワークステーション(例:Gamry Interface 1010、精度 ± 0.01 mV)を使用して、ターフェル曲線によって腐食電位と電流密度を測定し、サンプルを電解セル(例:3.5% NaCl)に入れます。主なポイントは次のとおりです:集中力を維持するために、メディアは定期的に交換する必要があります。サンプルの表面には酸化物層はありません。キャリブレーションは、標準電極(Ag/AgCl など)を使用して行います。耐食性試験は、化学反応器および電極材料中のモリブデンシートの安定性を保証します。

6.13 モリブデンシートの耐酸化性試験方法

モリブデンシートの耐酸化性の試験方法は、高温酸化環境での安定性を評価するために使用され、酸化開始温度(約 600°C)と質量損失率を測定するために使用され、真空炉や航空宇宙部品に適しています。一般的に使用される方法は、熱重量分析(TGA)と高温酸化試験です。TGA 法は、熱重量分析装置(TA Instruments Q500 など、25-1500°C、精度 $\pm 0.1\%$)を使用します。試験プロセスには以下が含まれます:1)サンプル調製、モリブデンシート(10-20 mg、厚さ 0.1-1 mm)の切断、 $R_a \leq 0.4$ ミクロンへの研磨。2)テストセットアップ、空気またはアルゴン(純度 $\geq 99.99\%$)雰囲気中で 5-10°C/min で 600-1500°C への温度上昇、品質変化の記録。3)データ分析、酸化開始温度(質量増加または MoO_3 揮発点)を決定し、テストを 3 回繰り返します。高温酸化試験法は、高温炉(例えば、Carbolite Gero、温度 600-1500°C)で行い、モリブデンシートを空気にさらし、1-4 時間インキュベートし、SEM で表面酸化膜の厚さを観察します(目標 $<600^\circ\text{C}$ で 1 ミクロン)。主なポイントは次のとおりです:試験雰囲気を正確に制御する必要があります(アルゴン中の酸素含有量 $<10\text{ppm}$)。サンプルの表面はきれいで欠陥がありません。キャリブレーションには、標準サンプル(タングステンなど)を使用します。耐酸化性試験は、高温環境でのモリブデンシートの安定性を検証し、真空または不活性雰囲気での適合性を確認します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP LTD モリブデンシート

第7章モリブデンシートの応用分野

7.1 電子情報分野におけるモリブデンシートの応用

モリブデンシート は、電気伝導性(抵抗率約 $5.2 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$)、熱伝導率(約 $138 W/m \cdot K$)、熱膨張係数が小さい(約 $4.8 \times 10^{-6} / ^\circ C$)、融点が高い($2620^\circ C$)など、半導体製造、電極材料、リードフレームなどの電子情報分野で幅広い用途があります。高純度モリブデンシート($\geq 99.95\%$)は、不純物含有量が少なく、表面品質($Ra \leq 0.4$ ミクロン)に優れていることから、エレクトロニクス業界の高精度デバイスの中核材料となっています。精密機械加工と厳格な品質管理により、CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、半導体、マイクロエレクトロニクス、オプトエレクトロニクス業界の高い基準を満たしています。

7.1.1 半導体へのモリブデンシートの応用

モリブデンチップは、主に半導体業界でスパッタリングターゲットや放熱基板として使用され、薄膜トランジスタ(TFT)、集積回路、太陽電池の製造に広く使用されています。スパッタリングターゲット用のモリブデンシート(厚さ $0.05-1mm$ 、 $\geq 99.95\%$)をマグネトロンスパッタリングにより蒸着し、導電層またはバリア層を形成し、液晶ディスプレイ(LCD)、有機発光ダイオード(OLED)、太陽電池の電極に使用されています。その低い抵抗率と高い均一性(粒径 $5-20\mu m$)により、膜は電氣的に安定しており、 $10-50nm/min$ の速度で堆積することができます。

モリブデンシートの熱膨張係数が低いことは、シリコンの熱膨張係数とほぼ同じです

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

($2.6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)。)とセラミック基板は熱的に整合しており、熱ストレスを低減し、デバイスの寿命を延ばします。モリブデンシートは、放熱基板(厚さ 0.1~2mm)として、熱管理のためのパワー半導体(IGBT モジュールなど)に使用され、熱伝導率が高く、効率的な放熱と 150~200°C までの動作温度が得られます。生産では、モリブデンシートは冷間圧延され、真空焼鈍(1100-1300°C)され、表面品質($R_a \leq 0.4$ ミクロン)と寸法精度(公差 0.005mm)最適化されます。利点には、高純度、粒界抵抗の低減、および低ガス放出率($<10^{-8} \text{mbar} \cdot \text{s}$)が含まれます。L/s)は真空環境の安定性を確保し、チップ製造や 5G 通信機器で広く使用されています。

7.1.2 電極材料へのモリブデンシートの適用

モリブデンシートは、主に高温真空炉、X 線管、電極材料中の電気化学装置に使用され、融点が高く、電気伝導性に優れているため、優れた性能を発揮します。真空炉の加熱電極や支持電極として使用される高純度モリブデンシート(厚さ 0.1~2mm、 $\geq$ 純度 99.95%)は、1500~2000°C の高温に耐え、引張強度(1200°C で約 500MPa)により長期安定性を確保しています。X 線管では、モリブデンシートを陽極ターゲットや支持材(厚さ 0.5~3mm)として使用し、その高い導電性と電子衝撃に対する耐性が高エネルギー X 線発生をサポートし、表面粗さ($R_a \leq 0.4$ ミクロン)により放射線の均一性を確保しています。電気化学の分野では、モリブデンシートは、10% 塩酸などの非酸化性酸中での耐食性に優れ、腐食速度($<0.01 \text{mm}/\text{年}$)であることから、塩素や水素ガスの電気分解用電極として使用されています。生産では、モリブデンシートは冷間圧延および研磨されて表面品質を最適化し、水素アニール(800-1100°C)は内部応力を低減します。モリブデン電極の利点は、低抵抗率と高い化学的安定性、電極損失の低減であり、工業用電解槽や医用画像機器での使用に適しています。

7.1.3 リードフレームへのモリブデンシートの適用

モリブデンシートは、リードフレームの半導体パッケージのサポート部品や導電部品として使用され、集積回路(IC)や発光ダイオード(LED)のパッケージに広く使用されています。モリブデンシート(厚さ 0.1~0.5mm、純度 $\geq 99.95\%$)は、熱膨張係数($4.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)がシリコンおよびセラミックスに一致しているため、パッケージングプロセスの熱応力を効果的に低減し、デバイスの信頼性を向上させることができます。その高い導電性により、リードフレームの低抵抗接続が保証され、電流伝送損失は $<1\%$ です。モリブデンシートの機械的強度(引張強度 800-1000MPa)と延性(破断点伸び 5-10%)は複雑な形状のスタンピングをサポートし、表面研磨($R_a \leq 0.4$ ミクロン)は溶接性能を向上させます。生産では、モリブデンシートは、 $\pm 0.005 \text{mm}$ の寸法公差、真空焼鈍(800-1100°C)の冷間圧延および精密切断プロセスによって調製され、結晶粒構造(5-20 ミクロン)を最適化します。モリブデンチップリードフレームの利点には、高い熱

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

伝導率(138 W/m·K)、効率的な放熱のサポート、高温耐性、リフローはんだ付け(250-300°C)への適応性が含まれ、これらはパワーデバイス、マイクロプロセッサ、および LED チップパッケージに広く使用されています。

7.2 サファイア結晶成長炉におけるモリブデンシートの応用

モリブデンシートは、融点が高い(2620°C)、優れた熱安定性(1500°C で約 500MPa の強度)、熱膨張係数が低い(約 $4.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)、および良好な熱伝導率(約 138W/m·K)により、サファイア結晶成長炉で広く使用されています。サファイア結晶(Al₂O₃)成長炉(Chaister や熱交換炉など)は、高温(2050-2100°C)および真空または不活性雰囲気での運転が求められるため、モリブデンシートは高温特性と耐クリープ性(クリープ速度 $10^{-6}/\text{s}$)に最適です。高純度($\geq 99.95\%$)と精密機械加工プロセスを通じて、CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、サファイア成長炉の高温耐性、耐食性、および熱管理の高い要件を満たしています。以下は、反射スクリーンとカバーのモリブデンシートの特定のアプリケーション、性能要件、および技術的利点の詳細な説明です。

7.2.1 モリブデンシート製造のためのサファイア結晶成長炉の反射スクリーン

モリブデンシートは、サファイア結晶成長炉の反射スクリーンとして、主に熱場管理に使用され、輻射熱を反射することで炉内の温度分布を最適化し、均一な結晶成長を確保します。反射型スクリーンは通常、冷間圧延と真空焼鈍(1100~1300°C)によって調製された高純度のモリブデンシート(純度 $\geq 99.95\%$ 、厚さ 0.1~2mm)でできており、強度と靱性のバランスをとるために粒度を 5~20 ミクロンに制御します。反射スクリーンの表面は、熱放射の反射率(約 0.8~0.9)を改善し、熱損失を減らすために、 $R_a \leq 0.4$ ミクロンに研磨する必要があります。モリブデンシートの熱膨張係数が低いことは、サファイア(約 $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)によく適合しており、高温(<50MPa)での熱応力を軽減します。モリブデンシートの引張強度(約 400-500MPa)により、真空またはアルゴン雰囲気(酸素含有量<10ppm)で、真空またはアルゴン雰囲気中で揮発性の MoO₃ を発生させることなく、構造安定性と耐酸化性を確保します。生産では、反射スクリーンは精密スタンピングまたはレーザー切断によって形成され、熱場の均一性を確保するために寸法公差は $0.01\text{mm} \pm$ されています。その利点には、高い熱伝導率、効果的な熱伝導、優れた耐高温性、および LED 基板や光学窓用のサファイア結晶の製造に広く使用されている長寿命(>1000 時間)が含まれます。

7.2.2 サファイア結晶成長炉カバーの製造用モリブデンシート

モリブデンシートは、サファイア結晶成長炉のカバープレートとして使用され、炉口を密封したり、炉内の熱場を熱漏れや不純物による汚染から保護したりするために使用されます。カバープレートは通常、熱間圧延または冷間圧延プロセスによって調製された高純度モリブデ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ンシート(純度 $\geq 99.95\%$ 、厚さ 0.5~3 mm)でできており、引張強度は 800~1000 MPa、延性(破断点伸び 5~10%)で、複雑な形状の処理をサポートします。蓋の表面は酸洗いまたは研磨($Ra \leq 0.4 \mu m$)して、ガスの吸着を減らし、炉内の真空($10^{-5} Pa$)を確保する必要があります。2050-2100°C の高温では、モリブデンシートの熱安定性(アルゴン中の質量損失率 $< 0.1\%$)と耐クリープ性(クリープ率 $10^{-6}/s$)により、カバーが長時間変形することはありません。生産では、カバープレートは CNC 機械加工またはスタンピングされ、寸法精度 $\pm 0.02 mm$ で形成され、応力集中を避けるためにエッジをバリ取りする必要があります。

モリブデンシートカバープレートの利点には、高い熱伝導率($138 W / m \cdot K$)、熱場安定性、および低いガス放出率($< 10^{-8} mbar \cdot L / s$)炉内のクリーンな環境を維持し、チャイ法または熱交換法成長炉に適しています。サファイア結晶製造における結晶純度(不純物 $< 10 ppm$)と成長効率を向上させ、スマートフォンのスクリーンやレーザー基板のサファイア製造に広く使用されています。

7.3 真空炉におけるモリブデンシートの応用

モリブデンシートは、融点が高い($2620^{\circ}C$)、優れた高温強度($1500^{\circ}C$ で約 500MPa)、熱膨張係数が低い(約 $4.8 \times 10^{-6} / ^{\circ}C$)、および優れた熱伝導率(約 $138 W / m \cdot K$)により、真空炉で広く使用されています。真空炉(高温焼結炉、熱処理炉など)は、真空または不活性雰囲気($10^{-5} Pa$ 、酸素含有量 $< 10 ppm$)、通常は $1000 \sim 2000^{\circ}C$ で運転する必要があります、モリブデンシートのクリープ抵抗(クリープ率 $10^{-6} \sim 10^{-5} / s$)と低ガス放出率($< 10^{-8} mbar \cdot L / s$)で運転する必要があります。 L / s)は理想的な材料です。

高純度($\geq 99.95\%$)と精密機械加工プロセスにより、CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、高温耐性、耐食性、熱管理のための真空炉の高い要件を満たしています。以下は、反射型スクリーンのモリブデンシートの特定のアプリケーション、性能要件、および技術的利点、真空炉の熱加熱、およびコネクタの詳細な説明です。

7.3.1 モリブデンシート製造のための真空炉内の反射スクリーン

モリブデンシートは、主に熱場管理のために真空炉の反射スクリーンとして使用され、輻射熱を反射して炉内の温度分布を最適化し、材料の焼結または熱処理の均一性を確保します。反射スクリーンは、冷間圧延と真空焼鈍($1100-1300^{\circ}C$)により調製された高純度モリブデンシート

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(純度 $\geq 99.95\%$ 、厚さ 0.1-2mm)でできており、粒度は 5~20 ミクロンに制御され、強度と靱性のバランスが取れています。表面を $Ra \leq 0.4$ ミクロンに研磨することで、熱放射の反射率(約 0.8~0.9)が向上し、熱損失が減少します。モリブデンシートの熱膨張係数が低いため、炉内のセラミック部品や金属部品に適合するため、高温($< 50MPa$)での熱応力が軽減されます。1500~2000°C の真空環境では、モリブデンシートの引張強度(約 400~500 MPa)が構造安定性を確保し、耐酸化性が揮発性 MoO_3 の形成を防ぎます。生産では、反射スクリーンはレーザーカットまたはスタンピングされて形成され、寸法公差は熱場の均一性を確保するために $0.01mm \pm$ されています。その利点には、高い熱伝導率、効果的な熱伝導、優れた耐高温性、および長寿命(> 1000 時間)が含まれ、これらはセラミックス焼結炉や半導体材料熱処理炉で広く使用されています。

7.3.2 モリブデンシート製造のための真空炉内の熱

モリブデンシートは、真空炉の加熱熱として使用され、高温焼結や熱処理プロセスをサポートする発熱体として抵抗熱を直接発生させます。ヘアセーターは、高純度モリブデンシート(純度 99.95%、厚さ 0.1-1mm) $\geq$ 、引張強度 800-1000MPa、抵抗率約 $5.2 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ の冷間圧延プロセスで調製され、効率的な電気熱変換を保証します。表面は研磨($Ra \leq 0.4\mu m$)または酸洗することで、ガスの吸着を減らし、真空($10^0 C.Pa$)を保つ必要があります。1500-1800°C では、熱安定性(質量損失率 $< 0.1\%$)と耐クリープ性(クリープ率 10^{-6} モリブデンシート/s)により、熱が長時間変形しないようにします。生産では、毛髪は精密スタンピングまたはワイヤーカットによって形成され、幅は 5~50 mm、炉の種類に応じてカスタマイズされた長さ、寸法公差は $\pm 0.02mm$ です。発熱の利点には、高い導電性、急激な温度上昇(速度 $10-20^\circ C/min$)のサポート、高温耐性、真空またはアルゴン雰囲気への適応性、および金属合金焼結および単結晶材料成長炉に適していることが含まれます。その効率的な熱変換により、炉内のエネルギー利用率が向上します($> 90\%$)。

7.3.3 モリブデンシート製造用の真空炉のコネクタ

モリブデンシートは、真空炉のコネクタとして使用され、反射スクリーン、熱熱、またはその他のコンポーネントを固定または接続して、熱場構造の安定性を確保します。コネクタは、熱間圧延または冷間圧延によって調製された高純度モリブデンシート(純度 $\geq 99.95\%$ 、厚さ 0.5~3 mm)でできており、引張強度は 800~1000 MPa、延性(破断点伸び 5~10%)で、スタンピングまたは曲げをサポートします。表面の酸洗または研磨($Ra \leq 0.4$ ミクロン)は、ガス放出率を低下させ、炉内のクリーンな環境を維持します。1500-2000°C の高温では、モリブデンシートの

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

クリープ抵抗と低い熱膨張係数により、コネクタが変形したり緩んだりすることはありません。生産では、コネクタは CNC 機械加工またはレーザー切断によって $\pm 0.01\text{mm}$ の公差で準備され、応力集中を避けるためにエッジがバリ取りされます。その利点には、複雑な構造に対する高強度サポート、高い熱伝導率($138\text{ W/m}\cdot\text{K}$)、および高温真空炉のサポートフレームと固定具に適した補助熱場均一性が含まれます。接続により、セラミック、金属、複合熱処理炉の構造信頼性と耐用年数が向上します。

7.4 プラズマコーティングにおけるモリブデンシートの応用

モリブデンシートは、高い導電性(抵抗率約 $5.2\times 10^{-8}\Omega\cdot\text{m}$)、優れた熱安定性(融点 2620°C)、低熱膨張係数(約 $4.8\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)、高純度($\geq 99.95\%$)により、特にマグネトロンスパッタリングプロセスのスパッタリングターゲットとして、プラズマコーティングに使用されています。プラズマコーティングは、真空環境下でターゲットの表面にプラズマを照射して薄膜を成膜する技術で、半導体やディスプレイ、太陽電池の製造などで広く利用されています。精密加工と厳格な品質管理により、CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、高純度、表面品質、寸法精度のためのプラズマコーティングの厳しい要件を満たしています。以下では、スパッタリングターゲットとしてのモリブデンシートの特定の用途、性能要件、および技術的利点について詳しく説明します。

7.4.1 プラズマコーティング用スパッタリングターゲットとしてのモリブデンシート

モリブデンシートはプラズマコーティングのスパッタリングターゲットとして使用され、モリブデン膜はマグネトロンスパッタリングによって堆積して導電性層、バリア層、または電極を形成し、薄膜トランジスタ(TFT)、有機発光ダイオード(OLED)、太陽電池、集積回路製造に広く使用されています。スパッタリングターゲットは、冷間圧延と真空焼鈍($1100\text{--}1300^{\circ}\text{C}$)により調製された高純度モリブデンシート(純度 $\geq 99.95\%$ 、厚さ $0.05\text{--}1\text{mm}$)でできており、粒度を $5\sim 20$ ミクロンに制御して、成膜膜の均一性を確保しています。表面を $Ra\leq 0.4$ ミクロンまで研磨し、スパッタリング時の粒子噴射を低減し、膜品質を向上させます(欠陥密度 $<10/\text{cm}^2$)。モリブデンシートの低抵抗率と高熱伝導率($138\text{ W/m}\cdot\text{K}$)は、成膜速度 $10\text{--}50\text{ nm/min}$ の高効率プラズマ衝撃をサポートし、その低い熱膨張係数はシリコン基板($2.6\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)に匹敵し、熱ストレス($<50\text{ MPa}$)を低減します。生産では、モリブデンシートのターゲットは、 $\pm 0.005\text{mm}$ の寸法公差でレーザー切断または CNC 機械加工によって形成され、不純物(鉄、銅 $<20\text{ppm}$)とガス放出速度($<10^{-8}\text{mbar}\cdot\text{L/s}$)は厳密に制御されています。真空環境(10^{-6}Pa)を維持します。その利点には、高純度、薄膜の安定した電気的特性、優れた耐食性(アルゴン雰囲気下)、目標寿命の延長(>1000 時間)が含まれ、LCD、OLED ディスプレイ、太陽電池の電極堆積に広く使用されています。

7.5 冶金産業におけるモリブデンシートの応用

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

モリブデンシートは、融点が高い(2620°C)、優れた高温強度(1500°C で約 500MPa)、耐食性(非酸化環境での腐食速度<0.01mm/年)により、主に製鋼添加剤や高温炉部品として、冶金業界で広く使用されています。モリブデンは、鋼の強度、靱性、耐食性を大幅に向上させることができ、高性能合金鋼の製造に適しています。CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、粉末冶金および圧延プロセスを通じて、性能とコストのバランスをとるための冶金業界のニーズを満たす高品質の添加剤を提供します。以下では、製鋼添加剤としてのモリブデンシートの用途、性能要件、および技術的利点について詳しく説明します。

7.5.1 製鋼における添加剤としてのモリブデンシートの適用

モリブデンシートは、高強度低合金鋼(HSLA)、ステンレス鋼、および工具鋼を製造するための製鋼の添加剤として使用され、引張強度(20~30%増加可能)、耐摩耗性、および耐食性を向上させます。モリブデンシート(厚さ 0.5~3mm、純度 99~99.9%)は、熱間圧延または冷間圧延によって調製され、通常は幅 10~50mm、長さ 100~500mm のサイズで、電気アーク炉や転炉などの製鋼炉での溶解および追加に便利です。モリブデンシートの添加は、一般に鋼の重量の 0.1~1%であり、その機械的特性(例えば、1000~1500MPa の引張強度)は、鋼の結晶粒細度および相変態強化(例えば、マルテンサイトの形成)を増加させることによって大幅に改善されます。高温製鋼環境(1500-1600°C)では、モリブデンシート(鉄、銅<100ppm)の不純物含有量が低いため、有害な元素が導入されず、表面の酸洗い(Ra 0.8-1.6 ミクロン)によりガスの混入が減少します。製造では、モリブデンシートをせん断または粉碎して、寸法公差 $\pm 0.05\text{mm}$ の小片に粉碎し、均一な溶融を促進します。その利点には、安定した添加プロセスのための高融点と化学的安定性、急速溶融のための高い熱伝導率($138\text{ W/m}\cdot\text{K}$)が含まれ、压力容器鋼や耐食合金鋼などの自動車、海洋、建設業界の高強度鋼の製造に広く使用されています。

7.6 モリブデンシートの高温炉構造への適用

モリブデンシートは、融点が高い(2620°C)、高温強度が優れている(1500°C で約 500MPa)、熱膨張係数が低い(約 $4.8\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)、熱伝導率が優れている(約 $138\text{ W/m}\cdot\text{K}$)ため、高温炉構造部品に広く使用されています。高純度モリブデンシート($\geq 99.95\%$)または TZM 合金モリブデンシートは、耐クリープ性(クリープ率 $10^{-6}/\text{s}$)と低ガス放出率($<10^{-8}\text{ mbar}\cdot\text{s}$)で知られています。L/s)の高温炉(焼結炉、熱処理炉など)の真空または不活性雰囲気(アルゴン、酸素含有量<10ppm)で。精密機械加工と厳格な品質管理により、CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、高温耐性、耐食性、熱管理に対する高温炉の高い要件を満たしています。以下は、熱シールドと発熱体におけるモリブデンシートの特定の用途、性能要件、および技術的利点についての詳細な説明です。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.6.1 モリブデンシートの熱シールドへの適用

モリブデンシートは、高温炉の遮熱材として使用され、輻射熱を反射・遮蔽することで炉内の熱場の分布を最適化し、エネルギー損失を低減し、温度均一性を向上させます。遮熱板は高純度のモリブデンシート(純度 $\geq 99.95\%$ 、厚さ 0.1~2mm)でできており、冷間圧延と真空焼鈍(1100~1300°C)により調製され、粒度を 5~20 ミクロンに制御して強度と靱性のバランスを取りま

す。表面は $Ra \leq 0.4$ ミクロンに研磨されているため、熱放射の反射率(約 0.8~0.9)が向上し、熱損失を効果的に低減します。モリブデンシートの熱膨張係数が低いため、炉内のセラミックまたはタングステン部品に適合させ、高温(<50MPa)での熱応力を低減します。モリブデンシートの引張強度(約 400-500MPa)と耐酸化性は、長期安定性を確保し、1500-2000°C の真空またはアルゴン環境での揮発性 MoO_3 の形成を防ぎます。生産では、熱シールドは $\pm 0.01mm$ の寸法公差で形状にレーザーカットまたはスタンプされ、断熱効果を高めるために複数の層(3~5 層)に積み重ねられます。その利点には、高い熱伝導率、安定した熱場のサポート、優れた耐高温性、および長寿命(> 1000 時間)が含まれ、セラミック焼結炉、単結晶成長炉、高温熱処理炉で広く使用されています。

7.6.2 発熱体へのモリブデンシートの適用

モリブデンシートは、高温炉の発熱体として使用され、抵抗加熱により安定した高温環境を提供し、焼結、焼鈍、熱処理プロセスをサポートします。発熱体は、高純度のモリブデンシート(純度 $\geq 99.95\%$ 、厚さ 0.1-1mm)を冷間圧延して製造し、引張強度 800-1000MPa、抵抗率約 $5.2 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ で効率的な電気熱変換を確保しています。表面研磨または酸洗($Ra \leq 0.4$ ミクロン)により、ガスの吸着が減少し、真空(10⁻⁶Pa)が維持されます。1500-1800°C では、熱安定性(質量損失率<0.1%)とモリブデンシートの耐クリープ性(クリープ率 10^{-6})が変形しないようにします。生産では、発熱体は精密スタンプまたはワイヤーカットによって形成され、幅は 5~50 mm、長さは炉の種類に応じてカスタマイズされ、寸法公差は $\pm 0.02mm$ です。その利点には、高い電気伝導率、速い温度上昇(10-20°C / min)、高温耐性、真空または不活性雰囲気に対する耐性などがあり、金属合金焼結炉や半導体材料熱処理炉に適しています。モリブデンシート発熱体のエネルギー利用率は高く(>90%)、炉内の加熱効率が大幅に向上します。

7.7 化学機器の防食におけるモリブデンシートの応用

モリブデンシートは、優れた耐食性(10%塩酸中の腐食速度<0.01mm/年)、高強度(引張強度 800-1000MPa)、化学的安定性により、化学機器に広く使用されており、主に反応器のライニングや

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

パイプライン部品に使用されています。通常の純度のモリブデンシート(99-99.9%)は、その費用対効果から非酸化性酸(塩酸、硫酸など)やアルカリ性環境で広く使用されていますが、酸化性酸(濃硝酸など)は MoO_3 (MoO_3) の形成を防ぐために避けるべきです。CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、熱間圧延または冷間圧延プロセスによる耐食性および機械的特性に関する化学機器の要件を満たしています。以下は、反応器のライニングと配管コンポーネントのモリブデンシートの用途、性能要件、および技術的利点についての詳細な説明です。

7.7.1 原子炉のライニングへのモリブデンシートの塗布

モリブデンシートは、ケトル本体を腐食性媒体から保護し、機器の寿命を延ばすための化学反応器のライニング材として使用されます。内側のライニングは、通常の純度のモリブデンシート(純度 99-99.9%、厚さ 0.5-3 mm)でできており、熱間圧延または冷間圧延、表面酸洗(Ra 0.8-1.6 ミクロン)によって調製され、清浄度と耐食性を確保しています。塩酸(10-20%、20-60°C)または硫酸環境では、モリブデンシートの腐食速度 <0.01 mm/年、およびその引張強度(700-900 MPa)は、オートクレーブ(圧力 1-10 MPa)の構造要件をサポートします。生産では、モリブデンライナーは ± 0.05 mm の寸法公差でプレスまたは溶接され、媒体の漏れを避けるためにシームレスに接続する必要があります。その利点には、非酸化性酸に対する優れた耐性、反応器の熱管理を支援するための高い熱伝導率($138 \text{ W/m} \cdot \text{K}$)が含まれ、塩化物製造および有機酸合成反応器で広く使用されています。モリブデンシートライニングにより、機器の耐久性(寿命 >5 年)と安全性が大幅に向上します。

7.7.2 パイプライン部品へのモリブデンシートの適用

モリブデンシートは、腐食性の液体やガスからパイプラインを保護するための化学パイプラインコンポーネントのライニングまたはサポートとして使用され、酸性またはアルカリ性の媒体を輸送する配管システムに適しています。パイプ部品は、通常の純度モリブデンシート(純度 99-99.9%、厚さ 0.2-2 mm)でできており、冷間圧延、延性(破断点伸び 5-10%)で曲げ成形をサポートし、表面の酸洗(Ra 0.8-1.6 ミクロン)で耐食性を確保します。非酸化性媒体(例:20%塩酸、腐食速度 <0.01 mm/年)では、モリブデンシートはステンレス鋼よりも化学的に安定しています。生産では、モリブデンシートは、寸法公差が ± 0.02 mm の管状ライニングにプレスまたは圧延され、溶接継手は腐食スポットを避けるために研磨されます。その利点には、パイプ構造を支えるための高強度(700-900 MPa)、熱歪みを低減するための低熱膨張係数、および肥料生産および石油化学産業の配管システムでの使用に適しています。モリブデンシート配管部品は、システムの耐食性と動作安定性を向上させ、メンテナンス間隔 >3 年)を延長します。

7.8 サテライト部品へのモリブデンシートの適用

モリブデンシートは、高強度(引張強度 800~1200 MPa)、低熱膨張係数(約 $4.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)、優れた熱伝導率(約 $138 \text{ W/m} \cdot \text{K}$)、高温耐性(融点 2620°C)により、特にアンテナ部品や熱制御システム

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

のラジエーターに広く使用されています。人工衛星は過酷な宇宙環境(-150°C~150°C、真空10⁻⁶Pa)で運用されるため、高い信頼性と低いガス放出率(<10⁻⁶Pa・mbar・s)の材料が必要です。Lと耐放射線性。高純度モリブデンシート(≥99.95%)または TZM 合金モリブデンシートは、軽量化、熱管理、および機械的特性のための衛星のニーズを満たすために、冷間圧延および真空アニール(1100-1300°C)されています。その高い精度と一貫性により、CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、通信衛星、リモートセンシング衛星、深宇宙探査機の主要コンポーネントとして広く使用されています。以下では、熱制御システム用のアンテナ部品およびラジエーターにおけるモリブデンチップの特定のアプリケーション、性能要件、および技術的利点について詳しく説明します。

7.8.1 アンテナ部品へのモリブデンシートの適用

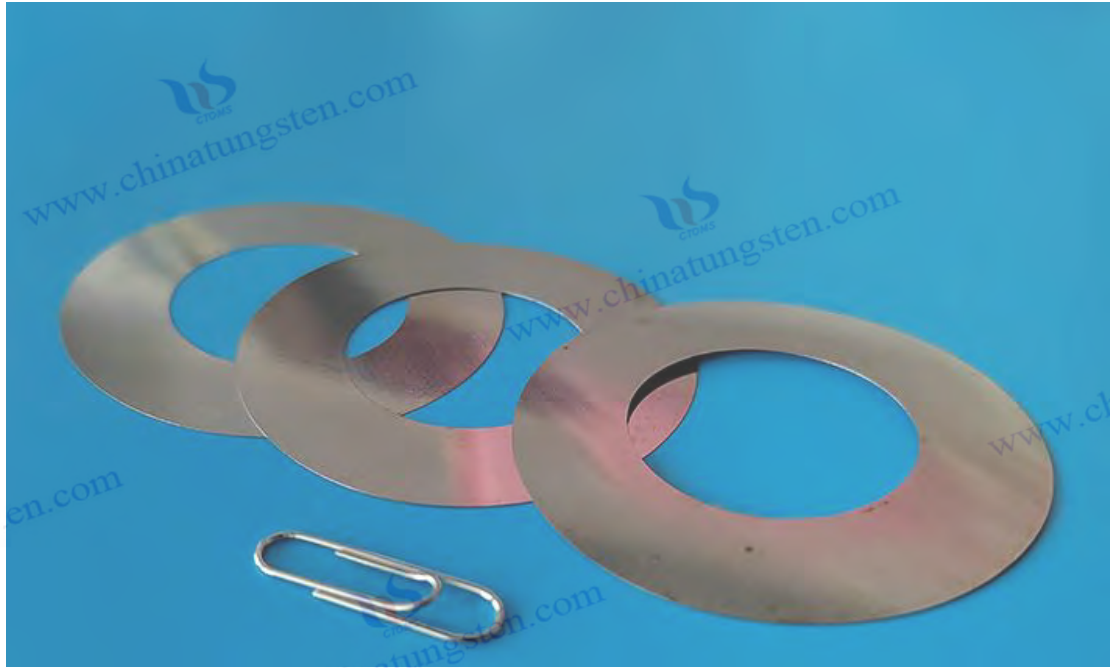
モリブデンシートは、主にアンテナ部品の支持構造や導電層として使用され、衛星通信アンテナ(パラボラアンテナやフェーズドアレイアンテナなど)の構造安定性と信号伝送効率をサポートします。モリブデンシート(厚さ 0.1-1mm、純度 99.95%)を冷間圧延し、Ra≤0.4μm まで表面を研磨することで、高い電気伝導率(抵抗率約 5.2×10⁻⁸Ω・m)を確保しています。m)と低信号損失(<0.1dB)です。その低い熱膨張係数は、炭素繊維複合材料などのアンテナ基板(約 2~5×10⁻⁶/°C)に適合しており、熱サイクルによる変形(ひずみ<0.01%)を低減します。宇宙真空環境では、モリブデンシートの低ガス放出率と引張強度(800-1000MPa)により、放射線や微小隕石の衝撃に対する長期的な安定性と耐性が保証されます。生産では、モリブデンシートはレーザー切断または CNC スタンピングによって形成され、寸法公差は 0.005mm±、応力集中を避けるためにエッジがバリ取りされます。その利点には、効率的な信号伝送をサポートするための高い導電性、振動環境に適応するための優れた耐疲労性(約 400MPa、10⁷ サイクルの疲労限界)が含まれ、衛星通信アンテナの導波管および支持フレームに広く使用され、信号伝送の精度と信頼性を向上させます。

7.8.2 熱制御システムのラジエーターへのモリブデンシートの適用

モリブデンシートは、効率的な熱伝導と放射熱放散により衛星電子機器の動作温度(-50°C~100°C)を維持するために、衛星熱制御システムのラジエーターのヒートシンクまたは熱放射面として使用されます。モリブデンシート(厚さ 0.05~0.5mm、純度 99.95%)は、冷間圧延および研磨プロセスによって調製され、表面粗さは Ra≤0.4 ミクロンで、熱放射率は 0.8~0.9 増加します。その高い熱伝導率(138 W / m·K)は、電子機器によって生成された熱を効率的に伝達し、熱膨張係数が低いため、熱応力が減少し、アルミニウムまたはセラミック基板との熱適合性が確保されます。モリブデンシートの引張強度(900-1200MPa)と耐クリープ性(クリープ率

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

10⁻⁶/s)は、空間温度差サイクル下で構造安定性を維持し、耐放射線性により材料の劣化を防ぎます。生産では、モリブデンシートは、精密プレスまたは±0.005mmの寸法公差への曲げによって形成され、高放射率コーティング(アルミナなど)でコーティングして放熱効率を高めることができます。その利点には、軽量(密度 10.22 g/cm³、タングステン 19.25 g/cm³よりも優れている)、急速な熱放散をサポートする高い熱伝導率、通信衛星や科学プローブの熱制御システムで広く使用されていること、および極端な宇宙環境での機器の安定した動作を確保することが含まれます。



CTIA GROUP LTD モリブデンシート

第 8 章モリブデンシート製造における安全性と環境保護の問題

モリブデンシート の製造には、モリブデン鉱石の採掘から選鉱、精製、粉末冶金、圧延まで、多くの複雑なプロセスが含まれ、それぞれが安全性と環境上の課題を提示する可能性があります。安全性の問題には、発破のリスク、粉塵爆発、高温運転の危険性が含まれますが、環境問題には排気ガス、廃水、固形廃棄物、エネルギー消費が含まれます。CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、高効率除塵システム(粉じん濃度 $<10 \text{ mg/m}^3$)、排水リサイクル($>80\%$)、排ガス処理装置(SO_2 除去率 $>95\%$)などの高度な安全管理および環境保護技術を採用することにより、リスクと環境負荷を効果的に低減できます。

8.1 モリブデンシートの製造における安全性の問題

モリブデンシート製造における安全性の問題は、主に鉱業、選鉱、および加工におけるリスクの高い操作によるものであり、怪我、機器の損傷、または生産の中断につながる可能性があります。以下では、主な安全課題と対策を、採掘、選鉱、成形の 3 つの段階から分析します。

一. 採掘段階での安全性の問題

- o **発破作業のリスク:** 露天掘りおよび地下採掘で硝酸アンモニウムまたはエマールジョン爆薬を使用すると、制御不能な爆発や飛来する岩石のリスクが伴います。不適切な発破は、特に地下採掘(幅 3~5 m、高さ 3~4 m)で鉱体の崩壊につながる可能性があります。
- o **粉塵の危険性:** モリブデン鉱(MoS_2)を破碎して輸送すると、大量の粉塵(粒子サイズ $<10 \text{ ミクロン}$)が発生し、呼吸器疾患や粉塵爆発を引き起こす可能性があります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ります(最小爆発濃度は約 30~50g /m³)。

- o **対策:**精密爆破技術(電子起爆装置、制御誤差<0.1 秒)など)を採用して、飛来する岩石や地滑りのリスクを減らします。高効率スプレーダスト抑制システム(粉塵濃度<10mg/m³)とバグフィルターを装備。保護具(防塵マスク、ゴーグル)の着用と換気システムの実施(地下採掘の空気量≥3m³/s・人)。

二. 選鉱段階における安全性の問題

- o **化学的リスク:**浮選プロセスで使用されるキサントゲン酸(キサント酸ブチル、0.1-0.3 kg /t)および発泡剤(例:、テルピネオール)は有毒で揮発性であり、吸入または接触すると中毒または皮膚損傷を引き起こす可能性があります。
- o **機械的損傷:**クラッシャー(75-500 kW)とボールミル(20-30 rpm)は、特にメンテナンスや清掃中に、挟み込みや衝撃のリスクがあります。
- o **対策:**浮選剤は、換気および排気ガス処理システム(活性炭吸着)を備えた密閉容器に保管されます。オペレーターは化学防護服と呼吸器を着用します。この装置には、安全シールドと非常停止装置が装備されており、標準化された操作を確保するための定期的なトレーニングが提供されています。

三. 成形工程における安全性の問題

- o **高温運転リスク:**粉末冶金焼結(1800-2000°C)および熱間圧延(1000-1400°C)には高温機器が含まれ、火傷や火災の危険があります。真空焼結炉や水素焼結炉(水素純度 99.99%)≥漏れると、爆発の原因となります。
- o **粉塵爆発の危険性:**モリブデン粉末(粒径 1~10 ミクロン)は、プレス工程で高濃度の粉塵雲を形成しやすく、火花が発生した場合に爆発を引き起こす可能性があります。
- o **対策:**焼結圧延装置には、自動温度制御システム(精度±10°C)とガス漏れ検出(水素濃度<4%)が装備されています。粉体プレスプラントは、防爆集塵機(粉塵濃度<5 mg /m³)と不活性ガス保護を使用しています。オペレーターは高温作業の訓練を受けており、断熱防護服を装備しています。

8.2 モリブデンシートの製造における環境問題

モリブデンシートの製造過程における環境問題には、主に廃ガス、廃水、固形廃棄物、エネルギー消費が含まれ、大気、水、土壤に汚染を引き起こす可能性があります。以下では、主な環境問題と対策を、採掘、選鉱、加工の3つの段階から分析します。

一. 採掘段階の環境問題

- o **廃石と尾鉱の汚染:**露天掘り採掘のストリッピング率(3:1 から 10:1)は、大量の廃石と尾鉱を生成し、土壌侵食や重金属(銅と鉄)の漏れにつながる可能性があります。
- o **粉塵および排気ガス:**ブラストおよび輸送により、粉塵(PM10 濃度>100 mg/m³)および機械的な排気ガス(NO_x、CO)が発生し、大気を汚染します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- **対策:** 廢石と尾鉍を別々に積み重ね、尾鉍埋め戻し技術(埋め戻し率>50%)を使用して土地の占有を減らします。スプレーダスト抑制とバグダスト除去システムを装備(ダスト除去率>95%)。低硫黄燃料、排ガス浄化装置(NO_x 除去率>80%)を採用。

二. 選鉍段階における環境問題

- **廢水汚染:** 浮選プロセスでは、キサント酸と重金属(鉛、銅)、pH 8~10 を含む廢水が生成され、直接排出されると水域($\text{COD} > 100 \text{ mg/L}$)を汚染する可能性があります。
- **尾鉍処理:** 選鉍尾鉍(モリブデン含有量<0.05%)には硫化物が含まれており、硫化物が酸化して酸性浸出液($\text{pH} < 4$)を形成し、長期間積み重ねると土壤や地下水を汚染する可能性があります。
- **対策:** 廢水は凝集と中和(pH を 6~8 に調整)して処理し、リサイクル率は>80%です。尾鉍は、ドライスタッキングまたはウェットスタッキングによって乾いた状態または湿った状態で保管され、漏れを防ぐために不浸透性の膜で覆われています。選鉍剤の回収(キサント酸回収率>90%)により、排出量を削減します。

三. 精製・加工段階における環境問題

- **排気ガス:** 酸化焙煎($550\text{-}650^\circ\text{C}$)は、 SO_2 (濃度> 1000 mg/m^3)と揮発性 MoO_3 を生成し、大気を汚染します。水素還元($900\text{-}1100^\circ\text{C}$)は、アンモニアを放出する(モリブデン酸アンモニウムからの分解)ことがあります。
- **エネルギー消費:** 粉末冶金および圧延プロセスは、エネルギー消費量が多く(例: $100\text{-}500 \text{ kW}$ の焼結炉出力)、炭素排出量が多い(モリブデンシート 1 トンあたり約 5~10 トンの CO_2)。
- **対策:** 湿式脱硫装置(SO_2 除去率>95%)、アンモニア処理用活性炭吸着装置を搭載。焼結および圧延プロセスの最適化(例:焼結温度を 1700°C に下げる)とエネルギー効率の向上(エネルギー消費の 20%削減)。再生可能エネルギー源(太陽光発電など)を動力源とし、二酸化炭素排出量を削減します。

厳格な安全管理(自動監視および保護装置など)と環境技術(廢ガスおよび廢水処理、資源リサイクルなど)の実施を通じて、モリブデンシートの生産は、安全リスクと環境への影響を効果的に低減し、製造プロセスが国際安全基準(ISO 45001 など)および環境規制(中国の環境保護法など)に準拠していることを確認できます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD
Molybdenum Sheet Introduction

1. Overview of Molybdenum Sheet

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

2. Features of Molybdenum Sheet

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

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

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

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

3. Specifications of Molybdenum Sheet

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

4. Production Process

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

5. Purchasing Information

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

Website: molybdenum.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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 モリブデンシート

第9章モリブデンシートの国内外の規格

高性能材料として、モリブデンシートは電子機器、航空宇宙、高温炉、化学工業で広く使用されており、その品質と性能要件は厳格な国内外の基準の対象となります。この規格は、製品の一貫性と信頼性を確保するために、モリブデンシートの化学組成、機械的特性、寸法公差、表面品質などの主要なパラメータを指定しています。CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、中国国家規格(GB)および国際規格(ASTM、ISO など)に厳密に準拠し、世界市場の需要に対応しています。この章では、モリブデンシートに関する中国の国家規格、国際規格、およびヨーロッパ、アメリカ、日本、韓国、その他の国の関連規格について詳しく説明します。

9.1 モリブデンシートの中国国家規格

中国国家規格(GB)には、モリブデンシートの化学組成、機械的特性、サイズ、および処理要件に関する明確な規定があり、これは主に中華人民共和国の標準化管理局によって発行され、中国でのモリブデンシートの製造と適用に適用されます。主な関連基準は次のとおりです。

一. GB / T 3462-2017

- o **適用範囲:** モリブデンシート(厚さ 0.01-3mm)、モリブデンプレート、モリブデンバーをカバーし、電子機器、航空宇宙、高温炉部品に適しています。
- o **化学組成:** 高純度モリブデンシート(Mo1)は、モリブデン含有量が $\geq 99.95\%$ 、不純物含有量(Fe、Ni、Cu など)が $< 50\text{ppm}$ 必要です。通常の純モリブデンシート(Mo2)のモリブデン含有量が $\geq 99.9\%$ です。
- o **機械的特性:** 引張強度 $\geq 700\text{MPa}$ (冷間圧延)、破断点伸び $\geq 5\%$ 、ビッカース硬度 220-250HV。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 寸法公差:厚さ公差(0.01-0.1 mm $\pm$ 0.005 mm、0.1-3 mm $\pm$ 0.02 mm)、表面粗さ Ra $\leq$ 0.8 ミクロン。
- 検出方法:化学組成は ICP-MS を採用し、機械的特性は GB / T 228.1(引張試験)に準拠し、表面品質は顕微鏡でチェックされます。
- アプリケーション:半導体ターゲット、真空炉の熱、化学機器のライニングに適しています。

二. GB / T 3876-1983

- 適用範囲:電子および光学分野向けの薄いモリブデンシート(厚さ 0.01 ~ 0.1 mm)に焦点を当てます。
- 化学組成:モリブデン含有量 $\geq$ 99.95%、酸素含有量 $<$ 50ppm。
- 性能要件:引張強度 $\geq$ 800MPa、破断点伸び $\geq$ 3%、表面に亀裂や酸化物層がない。
- 寸法公差:幅公差 $\pm$ 0.05mm、長さ公差 $\pm$ 1mm、厚さ公差 $\pm$ 0.003mm。
- アプリケーション:スパッタリングターゲットとリードフレーム用。

中国の国家規格は、国内の電子機器や高温産業のニーズに適した高純度と高精度を強調しており、モリブデンシートの性能が国際規格に準拠していることを保証します。

9.2 モリブデンシートの国際規格

国際規格は、国際標準化機構(ISO)や米国材料試験協会(ASTM)などによって開発され、世界中のモリブデンシートの製造と取引に広く使用されています。主な国際規格は次のとおりです。

一. ASTM B386-03 (2011)

- 適用範囲: モリブデンシート(厚さ 0.01-3mm)、モリブデンプレート、モリブデンバーをカバーし、航空宇宙、電子機器、高温炉に適しています。
- 化学組成:モリブデン含有量 $\geq$ 99.95%(タイプ 360/361)、TZM 合金(タイプ 364)にはチタン 0.4~0.55%、ジルコニウム 0.06~0.12%が含まれています。不純物(Fe、Ni など) $<$ 100ppm です。
- 機械的特性:引張強度 $\geq$ 620 MPa(焼きなまし)、 $\geq$ 760 MPa(冷間加工)、破断点伸び $\geq$ 2~10%(厚さによって異なります)。
- 寸法公差:厚さ 0.01 ~ 0.1mm で $\pm$ 5%、0.1 ~ 3mm で $\pm$ 0.025mm、表面粗さ Ra $\leq$ 0.4 ミクロン(研磨済み)。
- 試験方法:化学組成は ICP-OES を採用し、機械的特性は ASTM E8 に準拠しており、表面品質は目視検査と顕微鏡検査によってチェックされます。
- アプリケーション:半導体ターゲット、真空炉の熱シールド、衛星部品に適しています。

二. ISO 5832-1:2016 金属インプラント-パート 1:鍛造モリブデン

- 適用範囲:医療分野のモリブデンシート(X 線管アノードなど)の場合、厚さは

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0.1~2mm です。

- **化学組成:** モリブデン含有量 $\geq 99.9\%$ 、炭素含有量 $< 100\text{ppm}$ 、酸素含有量 $< 50\text{ppm}$ 。
- **性能要件:** 引張強度 $\geq 700\text{MPa}$ 、硬度 220-240HV、表面に欠陥はありません。
- **アプリケーション:** 医用画像機器や高精度電子部品に使用されます。

国際規格は、モリブデンシートの汎用性と国境を越えた応用に焦点を当てており、高純度、低不純物、厳格なサイズ制御を強調しており、世界のハイエンド市場に適しています。

9.3 ヨーロッパ、アメリカ、日本、韓国、および世界中の他の国々のモリブデンシート規格

ヨーロッパ、アメリカ、日本、韓国、その他の国々は、それぞれの産業ニーズと技術的特性に応じてモリブデンシート規格を策定しており、これは国際規格と非常に一致していますが、特定の分野では詳細な要件があります。以下は主な国内規格です。

一. 米国

- **規格:** ASTM B386-03(2011)が主要な規格であり、MIL-M-16420(軍事規格)は航空宇宙用途にも使用できます。
- **特徴:** 高純度($\geq 99.95\%$)と高温性能(引張強度 $\geq 1500^\circ\text{C}$ で 400MPa など)を重視し、低ガス放出率($< 10 \cdot 10 \cdot \text{mbar} \cdot$)が要求されます。L/s)。
- **アプリケーション:** 航空宇宙(衛星熱制御システム)、半導体ターゲット、および原子力産業部品。
- **検出:** 化学組成は GDMS(グロー放電質量分析)を採用しており、機械的特性は ASTM E8 / E399 に準拠しています。

二. ヨーロッパ

- **標準:** EN 10276-1「モリブデンおよびモリブデン合金の冷間加工用材料」は、ISO 5832-1 と一致しています。
- **特徴:** モリブデンシートには、高い表面品質($R_a \leq 0.4$ ミクロン)、厳しい寸法公差(厚さ $\pm 0.003\text{mm}$)、真空環境に適したものが求められます。
- **用途:** サファイア成長炉の熱シールドやプラズマコーティングターゲットに使用されます。
- **検査:** 表面品質はレーザー顕微鏡でテストされ、耐食性は EN ISO 9227(塩水噴霧試験)に準拠しています。

三. 日本

- **規格:** JIS H 4641「モリブデン及びモリブデン合金の板、シート、ストリップ」は ASTM B386 と同様です。
- **特徴:** 極薄モリブデンシート(厚さ $0.01\text{-}0.1\text{mm}$)の高精度、引張強度 $\geq 800\text{MPa}$ 、破断伸び $\geq 5\%$ 、表面粗さ $R_a \leq 0.2$ ミクロンに注目。
- **アプリケーション:** エレクトロニクス産業(TFT-LCD ターゲットなど)および光学デバイス。
- **検査:** 寸法精度は非接触レーザーで測定され、導電率は JIS K 7194 に準拠して

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

います。

四. 韓国

- o **規格:**KS D 9502「モリブデンおよびモリブデン合金材料」、ASTM および JIS 規格を参照。
- o **特性:**熱伝導率($\geq 130\text{W/m}\cdot\text{K}$)と耐食性(10%塩酸<腐食速度 0.01mm/年)が必要であり、化学および電子用途に適しています。
- o **用途:**半導体包装用リードフレーム、化学装置ライニング
- o **検出:**熱伝導率はレーザーフラッシュ法であり、KS D 2042 に準拠した化学組成です。

ヨーロッパ、アメリカ、日本、韓国の規格は、化学組成と機械的特性の点で国際規格と一致していますが、地域の産業特性に応じてさまざまなアプリケーションシナリオに焦点を当てています(たとえば、米国は航空宇宙を強調し、日本は電子産業に焦点を当てています)。

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

付録:多言語モリブデンシートの用語集

以下は、中国語、英語、日本語、韓国語のモリブデン関連用語の比較表で、生産、パフォーマンス、応用分野の一般的な用語をカバーしており、国境を越えた技術交換や標準化されたアプリケーションに役立ちます。CTIA GROUP LTD モリブデンシートは、技術文書と取引の一貫性を確保するために、グローバル市場で統一する必要があります。

中国語	英語	日本語	韓国語	解釈
钼片	Molybdenum sheet	モリブデン箔	몰리브덴 포일	粉末冶金または圧延プロセスによって作られた薄いモリブデン材料を指し、高熔点、高強度、電気伝導率と熱伝導率を備えており、電子機器、航空宇宙、高温炉で広く使用されています。
辉钼矿	Molybdenum ore	モリブデナイト	몰리브데나이트	モリブデンの主な鉱石形態は、50〜60%のモリブデンを含み、モリブデンシートの生産のための最初の原料であり、モリブデンシートは選鉱と精製によってモリブデン化合物または金属に変換されます。
地下开采	Underground mining	地下採掘	지하 채굴	ロードヘッダーや削岩機などの機器を使用して、深い鉱床でのトンネル掘削と発破を通じてモリブデン鉱石を採掘する方法は、複雑な地質条件に適しています。
浮选法	Floating	浮選法	부유선광법	モリブデンの疎水性を利用して、モリブデン鉱石を浮選機と薬剤によって脈石から分離し、高品位のモリブデン精鉱を得ます。
氧化焙烧	Oxidative roasting	酸化焙焼	산화 배소	モリブデン石(MoS ₂)は、550〜650°Cの空気雰囲気中で酸化して酸化モリブデンに酸化され、硫黄分を除去し、その後の精製のための原料となります。
氨浸法	Ammonia leaching	アンモニア浸出法	암모니아 침출법	酸化モリブデンをアンモニアに溶解してモリブデン酸アンモニウム溶液を生成し、鉄や銅などの不純物を分離して高純度のモリブデン化合物を調製します。
粉末冶金	Powder metallurgy	粉末冶金	분말 야금	高純度のモリブデン粉末をプレス焼結してモリブデンブランクまたはモリブデンシートを調製する方法は、高精度で複雑な形状の部品に適しています。
热轧工艺	Hot Rolling Process	熱間圧延プロセス	열간 압연 공정	モリブデンピレットは、1000〜1400°Cの高温で複数回のパスで圧延され、厚さ 0.5〜3mm のモリブデンシートを調製し、高温炉部品に適しています。
冷轧工艺	Cold rolling process	冷間圧延プロセス	냉간 압연 공정	モリブデンシート(厚さ 0.01-1mm)を室温で圧延することで、高精度かつ表面品質が高く、半導体ターゲット

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

				トに適しています。
密度	density	密度	밀도	モリブデンシートの体積に対する質量比は、反射密度と純度で、アルキメデス法または X 線濃度計によって測定されます。
熔点	melting point	融点	용융점	モリブデンシートが溶融し始める温度は、高温性能を反映するために示差走査熱量測定(DSC)によってテストされます。
导电性	Electrical conductivity	電気伝導率	전기전도율	モリブデンシートの電流を伝送する能力は、電極とターゲットに適した 4 プローブ法で測定されます。
导热性	thermal conductivity	熱伝導率	열전도율	モリブデンシートの熱伝導能力は、レーザーフラッシュ法によって測定され、放熱基板に適しています。
热膨胀系数	Coefficient of thermal expansion	熱膨張係数	열팽창 계수	温度の関数としてのモリブデンシートの寸法膨張率は、熱膨張計によってテストされ、熱マッチングを反映します。
抗拉强度	Tensile strength	引張強度	인장 강도	引張試験法で測定されたモリブデンシートの引張破壊に対する耐性は、構造部品に適しています。
硬度	hardness	硬度	경도	モリブデンシートの変形抵抗、ピッカース硬さ試験機で試験され、耐摩耗性を反映しています。
韧性	toughness	韌性	인성	モリブデンシートの衝撃エネルギーを吸収する能力は、シャルネ衝撃試験によって測定されます。
耐腐蚀性	Corrosion resistance	耐食性	내식성	化学媒体中のモリブデンシートの耐食性、浸漬試験法による評価。
抗氧化性	Oxidation resistance	耐酸化性	내산화성	高温酸化環境下でのモリブデンシートの安定性は、熱重量分析によってテストされます。
溅射靶材	Sputtering Targets	スパッタリングターゲット	스퍼터링 타겟	モリブデンシートは、マグネトロンスパッタリングにより薄膜を成膜するプラズマコーティングに使用され、半導体やディスプレイ製造に使用されています。
反射屏	Reflective shield	反射シールド	반사 쉴드	モリブデンシートは、高温炉やサファイア成長炉で熱放射を反射して熱場分布を最適化するため、高い反射率(0.8-0.9)が必要です。
发热带	Heating Strip	発熱帯	발열 띠	真空炉の発熱体として、モリブデンシートを抵抗により加熱することで高温を発生させ、高い導電性が要求されます。
引线框架	Leadframe	リードフレーム	리드 프레임	モリブデンシートは、低熱膨張率と高品質な表面が求められる半導体パッケージの導電支持部品に使用されています。
反应釜内衬	Reactor lining	反応釜ライニング	반응로 라이닝	化学反応器の内壁材料として、モリブデンシートは非酸化性酸の腐食に抵抗し、機器の寿命を延ばします。
热控系统	Thermal control system	熱制御システム	열제어 시스템	モリブデンシートは、サテライトの放熱や熱輻射管理に使用されており、高い熱伝導率と耐放射線性が要求されます。

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

説明

- 一. **用語の選択:**用語は、第 4 章から第 9 章に基づいて、モリブデンシートの製造(鉍業、選鉍、精製、成形)、性能試験(密度、融点、導電率など)、および応用分野(電子機器、サファイア成長炉、真空炉)をカバーしています。
- 二. **中国語の説明:**各用語は簡潔に説明され、その技術的な定義とアプリケーションの背景を強調し、特定のパラメータ(厚さ、性能値など)を章の内容(製造プロセス、テスト方法、アプリケーションシナリオなど)と組み合わせて提供します。
- 三. **多言語翻訳:**英語、日本語、韓国語の用語は、国際的な技術交流の正確性と汎用性を確保するために、業界標準と技術文献に基づいています。
- 四. **目的:**この用語集は、CTIA GROUP LTD モリブデンチップの世界市場での標準化されたアプリケーションをサポートするための技術文書、国境を越えた取引、および学術研究に使用できます。

英文学：

- 一. ASTM インターナショナル。ASTM B386-03(2011)モリブデンおよびモリブデン合金プレート、シート、ストリップ、およびホイル[S]の標準仕様。ペンシルベニア州ウェストコンショホッケン:ASTM インターナショナル、2011 年。
- 二. ISO 5832-1:2016 手術用インプラント-金属材料-パート 1:鍛造モリブデン[S]。ジュネーブ:国際標準化機構、2016 年。
- 三. Shields, J.A. モリブデン金属とその合金のアプリケーション[M]。ロンドン:国際モリブデン協会(IMOA)、2013 年。
- 四. Knyazev, A. V., & Krushenko, G. G. モリブデン箔製造 粉末冶金および圧延[J].材料加工技術ジャーナル、2018 年、255:123-130。
- 五. スミス、R.J.、およびジョンソン、T.E.モリブデン 薄膜 の熱的および電気的特性[J].材料科学と工学:A、2019、742:456-462。
- 六. Lee, C. H., & Park, S. J. 薄膜形成用スパッタリングターゲット中のモリブデン[J].薄い固体フィルム、2020、698:137856。
- 七. Zhang, L., & Wang, Y. モリブデンの採掘と加工における環境課題[J].クリーナープロダクションジャーナル、2021 年、312:127645。
- 八. キム、H. S.、&リー、J. H. モリブデン箔の箔箔熱制御システム[J].航空宇宙科学技術、2022 年、120:107234。
- 九. Tanaka, T., & Watanabe, K. 高温用途向けモリブデン箔の機械的試験[J].合金および化合物のジャーナル、2017 年、696:234-240。
- 十. Park, J. W., & Choi, S. Y. 化学処理装置におけるモリブデンの耐性耐性[J].腐食科学、2019 年、149:89-97。

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