

몰리브덴 시트 란 무엇입니까

中钨智造科技有限公司

CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

텅스텐, 몰리브덴 및 희토류 산업을 위한 지능형 제조 분야의 글로벌 리더

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 그룹 소개

CTIA GROUP LTD 는 CHINATUNGSTEN ONLINE 이 설립한 완전 자회사로, 독립적인 법인격을 갖추고 있습니다. 산업 인터넷 시대에 텅스텐 및 몰리브덴 소재의 지능적이고 통합적이며 유연한 설계 및 제조를 촉진하는 데 전념하고 있습니다. 1997년 www.chinatungsten.com 을 시작점으로 설립된 CHINATUNGSTEN ONLINE 은 중국 최초의 최고급 텅스텐 제품 웹사이트로, 텅스텐, 몰리브덴, 희토류 산업에 중점을 둔 중국을 선도하는 전자상거래 기업입니다. CTIA 그룹은 텅스텐과 몰리브덴 분야에서 30 년 가까이 쌓아온 심층적인 경험을 활용하여 모회사의 탁월한 설계 및 제조 역량, 우수한 서비스, 글로벌 비즈니스 명성을 계승하여 텅스텐 화학물질, 텅스텐 금속, 시멘트 카바이드, 고밀도 합금, 몰리브덴 및 몰리브덴 합금 분야에서 포괄적인 애플리케이션 솔루션 제공업체가 되었습니다.

지난 30 년 동안 CHINATUNGSTEN ONLINE 은 20 개 이상의 다국어 텅스텐 및 몰리브덴 전문 웹사이트를 구축하여 20 개 이상의 언어를 지원하고 있으며, 텅스텐, 몰리브덴, 희토류 관련 뉴스, 가격, 시장 분석 자료를 백만 페이지 이상 보유하고 있습니다. 2013 년부터 위챗 공식 계정인 "CHINATUNGSTEN ONLINE"은 4 만 건 이상의 정보를 게시하여 약 10 만 명의 팔로워를 확보 하고 전 세계 수십만 명의 업계 전문가에게 매일 무료 정보를 제공하고 있습니다. 웹사이트 클러스터와 공식 계정 누적 방문자 수가 수십억 회를 기록하며, CHINATUNGSTEN ONLINE 은 텅스텐, 몰리브덴, 희토류 산업 분야에서 세계적으로 인정받는 권위 있는 정보 허브로 자리매김했습니다. 24 시간 다국어 뉴스, 제품 성능, 시장 가격, 시장 동향 서비스를 제공합니다.

CTIA 그룹은 CHINATUNGSTEN ONLINE 의 기술과 경험을 바탕으로 고객 맞춤형 니즈 충족에 집중합니다. AI 기술을 활용하여 특정 화학 조성 및 물리적 특성(입자 크기, 밀도, 경도, 강도, 치수 및 공차 등)을 가진 텅스텐 및 몰리브덴 제품을 고객과 공동으로 설계 및 생산합니다. 금형 개봉, 시제품 제작, 마무리, 포장 및 물류에 이르는 전 공정 통합 서비스를 제공합니다. 지난 30 년 동안 CHINATUNGSTEN ONLINE 은 전 세계 13 만 명 이상의 고객에게 50 만 종 이상의 텅스텐 및 몰리브덴 제품에 대한 R&D, 설계 및 생산 서비스를 제공하여 맞춤형, 유연하고 지능적인 제조의 기반을 마련했습니다. CTIA 그룹은 이러한 기반을 바탕으로 산업 인터넷 시대에 텅스텐 및 몰리브덴 소재의 지능형 제조 및 통합 혁신을 더욱 심화하고 있습니다.

CTIA GROUP 의 한스 박사와 그의 팀은 30 년 이상의 업계 경험을 바탕으로 텅스텐, 몰리브덴, 희토류 관련 지식, 기술, 텅스텐 가격 및 시장 동향 분석을 작성하여 공개하고 텅스텐 업계와 자유롭게 공유해 왔습니다. 1990 년대부터 텅스텐 및 몰리브덴 제품의 전자상거래 및 국제 무역, 그리고 초경합금 및 고밀도 합금의 설계 및 제조 분야에서 30 년 이상의 경력을 쌓아 온 한 박사는 국내외 텅스텐 및 몰리브덴 제품 분야의 저명한 전문가입니다. CTIA GROUP 팀은 업계에 전문적이고 고품질의 정보를 제공한다는 원칙을 고수하며, 생산 관행 및 시장 고객 요구에 기반한 기술 연구 논문, 기사 및 산업 보고서를 지속적으로 작성하여 업계에서 폭넓은 호평을 받고 있습니다. 이러한 성과는 CTIA 그룹의 기술 혁신, 제품 홍보, 업계 교류에 대한 탄탄한 지원을 제공하며, 이를 통해 회사가 글로벌 텅스텐 및 몰리브덴 제품 제조와 정보 서비스 분야에서 선두주자로 발돋움하는 데 기여할 것입니다.



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

콘텐츠

장 1: 물리브덴 시트 개요

- 1.1 물리브덴 시트 정의
- 1.2 물리브덴 시트의 사양
- 1.3 물리브덴 시트의 특성
 - 1.3.1 물리브덴 시트의 외관 특성
 - 1.3.1.1 흑갈색 물리브덴 시트의 외관 및 원인
 - 1.3.1.2 알칼리 세척 후 물리브덴 시트의 은회색 광택 및 처리 원리
 - 1.3.1.3 물리브덴 시트의 평탄도

장 2: 물리브덴 시트의 성능

- 2.1 물리브덴 시트의 물리적 특성
 - 2.1.1 물리브덴 시트의 밀도
 - 2.1.2 물리브덴 시트의 녹는점
 - 2.1.3 물리브덴 시트의 끓는점
 - 2.1.4 물리브덴 시트의 전도성
 - 2.1.5 물리브덴 시트의 열전도율
 - 2.1.6 물리브덴 시트의 열팽창 계수
- 2.2 물리브덴 시트의 기계적 성질
 - 2.2.1 물리브덴 시트의 고강도
 - 2.2.2 물리브덴 시트의 연성
 - 2.2.3 고온에서 물리브덴 시트의 크리프 저항
 - 2.2.4 물리브덴 시트의 경도
 - 2.2.5 물리브덴 시트의 인성
 - 2.2.6 물리브덴 시트의 피로 저항
- 2.3 물리브덴 시트의 화학적 성질
 - 2.3.1 물리브덴 시트의 내식성
 - 2.3.2 물리브덴 시트의 내산화성
- 2.4 CTIA GROUP LTD 물리브덴 시트 MSDS

장 3 물리브덴 시트의 분류

- 3.1 순도에 따른 물리브덴 시트의 분류
 - 3.1.1 고순도 물리브덴 시트 ($\geq$ 순도 99.95 %)
 - 3.1.2 일반 순도 물리브덴 시트 (순도 99% - 99.9%)
- 3.2 제조 공정에 따른 물리브덴 시트의 분류
 - 3.2.1 분말 야금으로 제조된 물리브덴 시트
 - 3.2.2 압연 공정으로 제조된 열간 압연 물리브덴 시트
 - 3.2.3 압연 공정으로 제조된 냉간 압연 물리브덴 시트
- 3.3 응용 분야에 따른 물리브덴 시트의 분류
 - 3.3.1 전자 분야에서 사용되는 물리브덴 시트
 - 3.3.2 야금 산업에서 사용되는 물리브덴 시트

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 3.3.3 화학 산업에서 사용되는 폴리브덴 시트
- 3.3.4 항공 우주 분야에서 사용되는 폴리브덴 시트
- 3.3.5 다른 분야에서 사용되는 폴리브덴 시트

장 4 폴리브덴 시트 생산 및 준비 공정

- 4.1 폴리브덴 시트 생산 전 원료 준비
 - 4.1.1 폴리브덴 광석의 종류와 특성
 - 4.1.1.1 폴리브덴나이트의 특성 및 분포
 - 4.1.2 폴리브덴 광석의 채굴 및 선광 방법
 - 4.1.2.1 폴리브덴 광석 노천광 채굴 공정 및 요점
 - 4.1.2.2 폴리브덴 광석의 지하 채굴 방법
 - 4.1.2.3 폴리브덴 광석의 부유 선광 방법의 원리 및 공정
 - 4.1.2.4 폴리브덴 광석의 중력 분리 방법의 원리 및 공정
 - 4.1.2.5 폴리브덴 광석의 자기 분리의 원리와 과정
 - 4.1.3 폴리브덴 정광의 정제 및 변환
 - 4.1.3.1 폴리브덴 정광의 산화 묶음-암모니아 침출 정제 공정
 - 4.1.3.2 폴리브덴 정광의 산화적 묶음-산성 침출 정제 공정
 - 4.1.3.3 폴리브덴 농축액 추출물로부터 폴리브덴 분말의 제조
- 4.2 폴리브덴 시트의 성형 공정
 - 4.2.1 분말 야금에 의한 폴리브덴 시트의 제조
 - 4.2.2 압연 공정에 의한 폴리브덴 시트의 제조
 - 4.2.2.1 열간 압연 공정에 의한 폴리브덴 시트의 제조
 - 4.2.2.2 냉간 압연 공정에 의한 폴리브덴 시트 제조

장 5: 폴리브덴 시트의 생산 및 성능 테스트 장비

- 5.1 폴리브덴 광석용 채굴 장비
 - 5.1.1 폴리브덴 광석용 노천광 채굴 장비
 - 5.1.2 폴리브덴 광석용 지하 채굴 장비
- 5.2 폴리브덴 광석의 광물 가공 장비
 - 5.2.1 폴리브덴 광석의 파쇄 장비
 - 5.2.2 폴리브덴 광석용 분쇄 장비
 - 5.2.3 폴리브덴 광석의 등급 평가 장비
 - 5.2.4 폴리브덴 광석의 부유 장비
- 5.3 폴리브덴 시트용 성형 장비
 - 5.3.1 폴리브덴 시트용 분말 야금 장비
 - 5.3.1.1 폴리브덴 시트용 분말 압착 장치
 - 5.3.1.2 폴리브덴 시트용 소결 장치
 - 5.3.2 폴리브덴 시트용 압연 장비
 - 5.3.2.1 폴리브덴 시트용 열간 압연기
 - 5.3.2.2 폴리브덴 시트용 냉간 압연기
- 5.4 폴리브덴 시트에 대한 성능 테스트 장비
 - 5.4.1 폴리브덴 시트의 밀도 측정 장비

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 5.4.2 몰리브덴 시트용 용접 시험 장비
- 5.4.3 몰리브덴 시트용 전도도 시험 장비
- 5.4.4 몰리브덴 시트용 열전도율 시험 장비
- 5.5 몰리브덴 시트 기계적 성질 시험 장비
- 5.5.1 몰리브덴 시트의 기계적 특성을 시험하는 범용 재료 시험기
- 5.5.2 경도 시험기는 몰리브덴 시트의 기계적 특성을 테스트합니다.
- 5.5.3 몰리브덴 시트의 기계적 특성을 시험하는 충격 시험기

장 6: 몰리브덴 시트의 성능을 위한 시험 방법

- 6.1 몰리브덴 시트의 밀도에 대한 시험 방법
- 6.2 몰리브덴 시트의 용점에 대한 시험 방법
- 6.3 몰리브덴 시트의 열 안정성에 대한 시험 방법
- 6.4 몰리브덴 시트의 전도성에 대한 시험 방법
- 6.5 몰리브덴 시트의 열전도율에 대한 시험 방법
- 6.6 몰리브덴 시트의 열팽창 계수에 대한 시험 방법
- 6.7 몰리브덴 시트의 강도에 대한 시험 방법
- 6.8 몰리브덴 시트의 경도에 대한 시험 방법
- 6.9 몰리브덴 시트의 인성에 대한 시험 방법
- 6.10 몰리브덴 시트의 연성에 대한 시험 방법
- 6.11 몰리브덴 시트의 피로 특성에 대한 시험 방법
- 6.12 몰리브덴 시트의 내식성 시험 방법
- 6.13 몰리브덴 시트의 내산화성을 위한 시험 방법

장 7 몰리브덴 시트의 적용 분야

- 7.1 전자정보 분야에서의 몰리브덴 시트의 적용
 - 7.1.1 반도체에 몰리브덴 시트의 적용
 - 7.1.2 전극 재료에 몰리브덴 시트 적용
 - 7.1.3 리드 프레임에 몰리브덴 시트 적용
- 7.2 사파이어 결정 성장로에 몰리브덴 시트의 적용
 - 7.2.1 몰리브덴 시트 생산을 위한 사파이어 결정 성장로의 반사 스크린
 - 7.2.2 사파이어 결정 성장로 덮개의 생산을 위한 몰리브덴 장
- 7.3 진공로에 몰리브덴 시트의 적용
 - 7.3.1 몰리브덴 시트 생산을 위한 진공로의 반사 스크린
 - 7.3.2 몰리브덴 시트 생산을 위한 진공로에서의 가열
 - 7.3.3 몰리브덴 시트 생산을 위한 진공로의 커넥터
- 7.4 플라즈마 코팅에 몰리브덴 시트 적용
 - 7.4.1 플라즈마 코팅을 위한 스퍼터링 타겟으로서의 몰리브덴 시트
- 7.5 야금 산업에서의 몰리브덴 시트 적용
 - 7.5.1 몰리브덴 시트를 제강에서 첨가제로 적용
- 7.6 고온로 구조에서 몰리브덴 시트의 적용
 - 7.6.1 방열판에 몰리브덴 시트 적용
 - 7.6.2 발열체에 몰리브덴 시트의 적용

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.7 화학 장비의 부식 방지에 몰리브덴 시트의 적용

7.7.1 반응기 라이닝에 몰리브덴 시트 적용

7.7.2 파이프 부품에 몰리브덴 시트 적용

7.8 위성 부품에 몰리브덴 시트 적용

7.8.1 안테나 부품에 몰리브덴 시트 적용

7.8.2 열제어 시스템의 라디에이터에 몰리브덴 시트 적용

장 8 몰리브덴 시트 생산의 안전 및 환경 보호 문제

8.1 몰리브덴 시트 생산의 안전 문제

8.2 몰리브덴 시트 생산의 환경 문제

장 9 몰리브덴 시트에 대한 국내의 표준

9.1 몰리브덴 시트에 대한 중국 국가 표준

9.2 몰리브덴 시트에 대한 국제 표준

9.3 유럽, 미국, 일본, 한국 및 전 세계 다른 국가의 몰리브덴 시트 표준

장 10 몰리브덴 시트 사실 및 수치

10.1 몰리브덴 정체의 주요 사실은 무엇입니까?

10.2 몰리브덴 시트의 모든 데이터 (성능, 생산 및 응용 프로그램 사양)

부록: 몰리브덴 칩의 다국어 용어집 (중국어, 영어, 일본어, 한국어)

참조

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	$\pm 0.005\text{ mm} - \pm 0.2\text{ mm}$
Surface Roughness	Ra $0.8\text{ }\mu\text{m} - \text{Ra } 3.2\text{ }\mu\text{m}$

4. Production Process

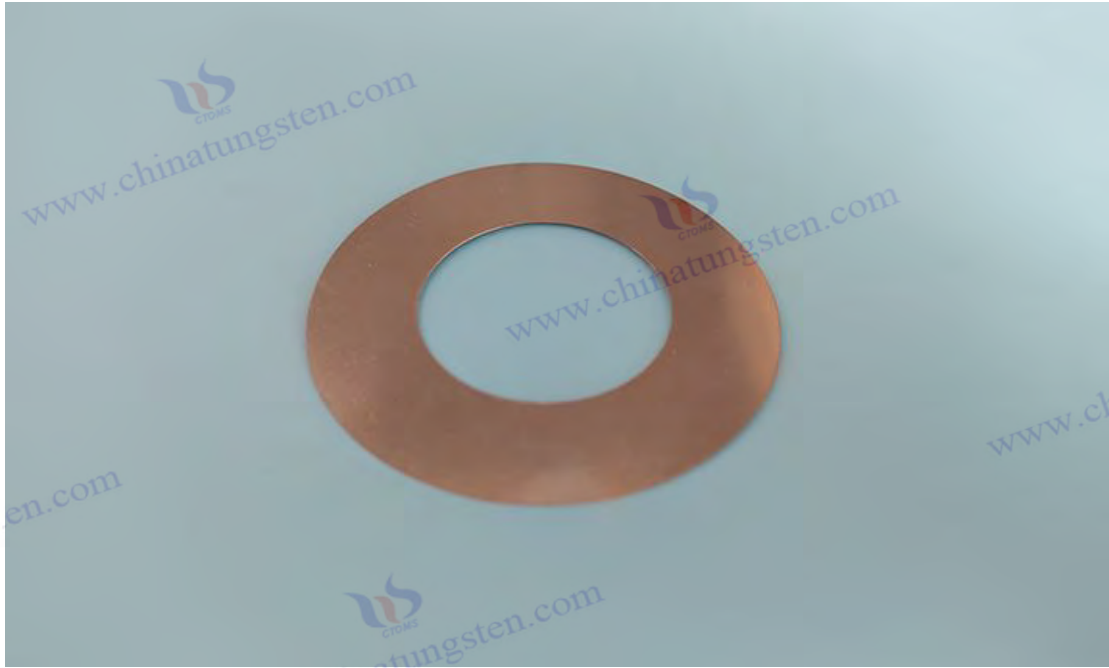
Molybdenum Ingot (Raw Material) → Inspection → Hot Rolling → Leveling & Annealing → Alkali Cleaning → Inspection → Warm Rolling → Vacuum Annealing → Inspection → Cold Rolling → Leveling → Shearing → Vacuum Annealing → Inspection → Packaging

5. Purchasing Information

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

Website: molybdenum.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트

1 장 몰리브덴 정제 개요

1.1 몰리브덴 시트 정의

몰리브덴 시트 는 분말 야금, 압연 또는 단조와 같은 공정을 통해 고순도 몰리브덴 금속(순도는 일반적으로 99.95% 이상에 도달)으로 만들어진 얇은 시트 재료이며 외관은 은회색 금속 광택을 보여줍니다. 몰리브덴(화학 기호 Mo, 원자 번호 42)은 고유한 물리적, 화학적 특성으로 인해 산업 및 과학 및 기술에서 중요한 위치를 차지하는 희귀 전이 금속입니다.

몰리브덴 금속 가공의 한 형태로서 몰리브덴 시트는 일반적으로 매우 얇은 두께(0.01mm 에서 3mm 범위)로 제공되며 항공 우주, 전자 산업, 원자력 에너지, 의료 장비 및 고온 스토브에 널리 사용됩니다. 높은 융점(약 2620°C)과 높은 강도로 인해 극한 환경, 특히 고온 저항 및 내식성이 필요한 시나리오에서 탁월합니다. 몰리브덴 시트의 제조 공정에는 일반적으로 몰리브데나이트(MoS_2)에서 몰리브덴을 추출한 다음 소결, 열간 압연, 냉간 압연 및 어닐링과 같은 여러 공정을 거쳐 특정 특성을 가진 얇은 플레이크를 만드는 작업이 포함됩니다. 이 소재는 전통 산업에서 중요한 역할을 할 뿐만 아니라 반도체 제조 및 신에너지 장비와 같은 신흥 기술 분야에서도 대체할 수 없는 가치를 보여줍니다.

1.2 몰리브덴 시트의 사양

다음은 다양한 산업 시나리오의 요구 사항을 충족하기 위해 두께, 너비, 길이, 표면 처리 유형 및 관련 성능 지표를 포함하는 몰리브덴 시트의 일반적인 사양을 자세히 설명하는 표입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

매개 변수	사양 범위	말
두께	0.01 밀리미터 - 3 밀리미터	고정밀 전자 부품에는 초박형 호일(0.01-0.1mm)이 사용되며 구조 부품에는 두꺼운 시트(>1mm)가 사용됩니다
너비	50 밀리미터 - 600 밀리미터	고객의 요구에 따라 사용자 정의 할 수 있으며 일부 넓은 몰리브덴 시트에는 특수 압연 장비가 필요합니다.
길이	사용자 정의 길이 또는 롤 양식	코일 형태는 연속 생산에 사용되며 절단 길이는 응용 분야에 따라 다릅니다
표면 처리	광택 처리, 절임, 샌드 블라스트 처리	연마된 면은 반도체에 적합하고, 산세면은 진공 환경에서 사용되며, 샌드블라스팅된 면은 접착력을 향상시킵니다.
두께 공차	$\pm 0.005\text{mm} - \pm 0.2\text{mm}$	두께에 따라 ASTM B386 준수
재료의 순도	$\geq 99.95\%$	고순도 몰리브덴 시트는 성능을 향상시키기 위해 란타늄, 티타늄 및 기타 원소 (예 : TZM 합금)로 도핑 할 수 있습니다.
어닐링된 상태	응력 제거 어닐링, 완전 어닐링	어닐링 온도는 1100-1300°C 로 연성이 향상되고 취성이 감소합니다.
표면 거칠기	라: $0.8\mu\text{m}$ -Ra: $3.2\mu\text{m}$	연마된 표면의 거칠기가 가장 낮고 샌드블라스팅된 표면의 거칠기가 더 높습니다

시장에서 CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트와 같은 브랜드 제품은 ASTM B386 표준을 엄격히 준수하며 두께 허용 오차는 $\pm 0.005\text{mm}$ 이내로 제어할 수 있으며 표면 거칠기 Ra 값은 0.4 마이크로미터로 낮아 고급 응용 분야의 엄격한 요구 사항을 충족합니다. 몰리브덴 시트의 사양은 합금 조성(예: TZM 몰리브덴 합금) 또는 도핑된 원소(예: 란타늄 또는 티타늄)에 따라 항공 우주, 원자력 산업 또는 반도체 제조와 같은 분야의 특별한 요구 사항을 충족하도록 최적화할 수도 있습니다. 예를 들어, TZM 몰리브덴 합금 시트는 고온 강도 및 크리프 저항 측면에서 순수 몰리브덴 시트보다 우수하며 고온 환경(1500°C 이상)에 적합합니다.

1.3 몰리브덴 시트의 특성

몰리브덴 시트는 독특한 재료 특성으로 인해 많은 고성능 재료 중에서 두드러집니다. 우선, 몰리브덴 시트는 텅스텐, 레늄 및 기타 금속에 이어 두 번째로 매우 높은 융점 (2620 °C)을 가지므로 1200 °C 에서 700MPa 이상의 인장 강도와 같은 고온 환경에서 우수한 기계적 강도를 유지할 수 있습니다. 둘째, 몰리브덴 시트는 열팽창 계수가 낮습니다(약 $4.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$).)는 많은 세라믹 재료 및 반도체 기판의 열팽창 계수와 일치하므로 열 차단 코팅 및 전자 패키징에서 중요한 응용 분야입니다. 또한 몰리브덴 시트는 열전도율(열전도율 약 $138\text{W/m}\cdot\text{K}$)이 우수하고 열을 효과적으로 발산할 수 있어 고온 스토브의 차열이나 전자 기기용 방열 기판에 적합합니다. 그러나 몰리브덴 시트는

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

실온에서 부서지기 쉽고 몸체 중심의 입방체 결정 구조로 인해 저온에서 연성이 제한되지만 재결정 온도(1000-1200°C)로 가열하면 연성이 크게 향상되어 추가 가공에 편리합니다. 몰리브덴 시트는 또한 특히 산성 환경 및 비산화성 대기에서 우수한 내식성을 나타내지만 산화 분위기에서 휘발성 산화물(예: MoO_3)이 형성되기 쉽기 때문에 진공 또는 불활성 가스 보호에서 자주 사용됩니다. 또한 몰리브덴 시트는 전기 전도성(저항률 약 $5.2 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$)이 높아 전자 산업에서 전극 재료 또는 타겟으로 사용할 수 있습니다. 전반적으로 몰리브덴 시트는 고강도, 고온 저항, 낮은 열팽창, 우수한 열 및 전기 전도성을 가지고 있어 항공 우주, 원자력 산업 및 반도체 제조에 없어서는 안 될 재료입니다.

1.3.1 몰리브덴 시트의 외관 특성

1.3.1.1 흑갈색 몰리브덴 시트의 외관 및 원인

처리되지 않은 몰리브덴 시트는 생산 중에 종종 흑갈색 외관을 띠는데, 이는 주로 표면에 형성되는 산화물 층 때문이라는 특성입니다. 압연 또는 어닐링과 같은 몰리브덴 시트를 가공하는 동안 몰리브덴 금속이 공기에 노출되면 표면이 산소와 반응하여 몰리브덴 산화물(MoO_3 또는 MoO_2)을 형성합니다. 이러한 산화물은 일반적으로 흑갈색 또는 짙은 회색이며 몰리브덴 시트의 표면을 덮어 얇고 조밀 한 산화막을 형성합니다. 산화 반응의 발생은 가공 환경의 온도 및 산소 농도와 밀접한 관련이 있습니다. 예를 들어, 고온(800-1000°C)에서 어닐링하는 과정에서 몰리브덴 표면은 아르곤이나 질소와 같은 진공 또는 불활성 가스로 보호되지 않으면 산화에 매우 취약합니다. 또한 몰리브덴 시트의 흑갈색 외관은 압연 공정에 사용되는 윤활제 잔류 물 또는 미량 표면 불순물의 영향을 받을 수도 있습니다. 이러한 윤활제는 고온에서 탄화되어 표면 색상을 더욱 어둡게 하는 미량의 탄소 기반 화합물을 형성할 수 있습니다. 흑갈색 산화물 층은 몰리브덴 시트를 추가 부식으로부터 어느 정도 보호하지만 반도체 타겟 또는 전자 부품과 같은 고정밀 응용 분야에서는 표면 청결도와 일관된 성능을 보장하기 위해 후처리로 이 산화물 층을 제거해야 하는 경우가 많습니다.

1.3.1.2 알칼리 세척 후 몰리브덴 시트의 은회색 광택 및 처리 원리

부식성 세척을 통해 몰리브덴 시트의 표면은 몰리브덴 금속의 고유한 특성일 뿐만 아니라 높은 순도와 표면 청결도를 반영하는 시그니처인 은회색 금속 광택을 가질 수 있습니다. 가성 세척 공정은 일반적으로 수산화나트륨(NaOH) 또는 수산화칼륨(KOH)과 같은 강알칼리성 용액을 사용하여 몰리브덴 시트를 특정 온도(50-80°C)에 담그고 표면에서 산화물, 그리스 및 유기 잔류물을 제거합니다. 가성 세척의 화학 원리는 산화 몰리브덴과 알칼리 용액의 반응을 기반으로 하며, 예를 들어 MoO_3 는 NaOH 와 반응하여 용해성 몰리브덴 산 나트륨 (Na_2MoO_4)을 생성합니다.), 이에 따라 표면 산화물 층을 벗겨내고 몰리브덴 금속의 실제 색상을 드러냅니다. 또한 가성 세척 후에는 2 차 산화를 방지하고 표면에 잔류 화학 물질이 없는지 확인하기 위해 탈이온수 행균 및 건조 공정이 수행되는 경우가 많습니다. 가성 세척 몰리브덴 시트의 표면 거칠기는 Ra 0.4 미크론만큼 낮을 수 있으며, 거울과 같은 은회색 광택을 보여 미학을 향상시킬뿐만 아니라 가스 방출 속도를

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

줄이는 등 진공 환경에서 몰리브덴 시트의 성능을 크게 향상시키고 진공로 또는 스퍼터링 타겟에 사용하기에 적합합니다. 가성 세척 공정의 정확한 제어는 표면 마감과 일관성을 보장하고 고정밀 몰리브덴 시트에 대한 ASTM B386 표준의 요구 사항을 충족하기 위해 가성 세척 공정을 최적화하여 CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트와 같은 고급 몰리브덴 시트 제품에 특히 중요합니다.

1.3.1.3 몰리브덴 시트의 평탄도

몰리브덴 시트의 평탄도는 외관 특성과 응용 성능을 나타내는 중요한 지표입니다., 특히 박막 증착과 같은 고정밀 응용 분야에서, 전자 포장, 및 정밀 기계 부품. 평탄도는 일반적으로 표면 파상 또는 평탄도 편차에 의해 정량화되며 고품질 몰리브덴 시트의 평탄도 편차는 $\pm 0.01\text{mm/m}$ 이내로 제어할 수 있습니다. 몰리브덴 시트의 평탄도는 압연 공정, 어닐링 처리 및 재료 두께를 포함한 다양한 요인의 영향을 받습니다. 초박형 몰리브덴 시트(두께 $< 0.1\text{mm}$)는 냉간 압연 공정 중 내부 응력에 취약하여 약간의 표면 기복이나 잔물결이 발생하므로 결정립 구조를 개선하고 응력을 완화하기 위해 정밀한 응력 제거 어닐링($1100-1300^{\circ}\text{C}$)이 필요합니다. 두꺼운 몰리브덴 시트($>1\text{mm}$)는 재료의 강성이 높기 때문에 상대적으로 제어하기 쉽지만 압연 공정 중 과도한 변형이나 불균일한 냉각은 피해야 합니다. 최첨단 압연 장비 및 다중 패스 어닐링 공정은 예를 들어 진공 어닐링로를 통해 온도 구배 및 냉각 속도를 제어하여 몰리브덴 시트의 표면 파동을 최소화함으로써 몰리브덴 시트의 평탄도를 크게 향상시킬 수 있습니다. 또한 평탄도는 표면 처리와도 관련이 있으며 연마 또는 산세 후 몰리브덴 시트는 일반적으로 표면 응력 분포가 더 균일하기 때문에 평탄도가 더 높습니다. 실제로, 평탄도가 높은 몰리브덴 시트는 박막 증착 중에 대상과 기관 사이의 좋은 맞춤을 보장하거나 전자 포장의 열 응력 농도를 줄여 구성 요소의 수명을 연장할 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트

장 2 : 몰리브덴 시트의 성능

2.1 몰리브덴 시트의 물리적 특성

CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트 는 우수한 물리적 특성으로 인해 선호되며 항공 우주, 전자 및 고온 응용 분야에 사용되며 밀도, 용점, 끓는점, 전기 전도성, 열전도율 및 열팽창 계수와 같은 주요 특성을 다룹니다. 이러한 특성은 몰리브덴의 신체 중심의 입방체 결정 구조와 고원 결합 에너지로 인해 극한 환경에서 우수한 안정성과 기능을 발휘하기 때문입니다. 다음은 몰리브덴 시트의 열팽창 계수와 기계적 특성의 고강도, 연성 및 고온 크리프 저항에 대해 자세히 설명하고 전문 데이터 및 공정 배경을 기반으로 심층 분석을 수행하여 고정밀 및 고온 시나리오에서의 적용 가치를 밝힙니다.

2.1.1 몰리브덴 시트의 밀도

몰리브덴 시트의 밀도는 일반적으로 약 10.22g/cm^3 (20°C 에서)로 텅스텐(19.25g/cm^3)보다 약간 낮지만 철(7.87g/cm^3) 또는 알루미늄(2.70g/cm^3)과 같은 많은 일반 금속보다 높습니다. 이 밀도 값은 몰리브덴 금속의 조밀한 원자 배열을 반영하여 높은 강도를 유지하면서 무게가 상대적으로 가볍기 때문에 항공 우주 부품 또는 고온 용광로의 열 차폐와 같이 강도와 무게가 모두 필요한 응용 분야에 적합합니다. 몰리브덴 시트의 밀도는 순도와 미량의 도핑 된 원소에 영향을 받습니다. 예를 들어, 고순도 몰리브덴 시트의 밀도(순도 $\geq 99.95\%$)는 이론적 값에 가까운 반면, 란탄 또는 티타늄으로 도핑된 TZM 몰리브덴 합금 시트는 소량의 다른 원소를 첨가하여 밀도가 약간 변할 수 있습니다(보통 10.16 및 10.20g/cm^3). 생산 과정에서 몰리브덴 시트의 밀도는 분말 야금과 후속 압연 공정에 의해 정밀하게 제어됩니다. 초기 몰리브덴 분말의 입자 크기 및 소결 조건(예: 온도 $1800-$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2000°C, 진공 또는 수소 보호)은 블랭크의 밀도에 영향을 미치는 반면, 냉간 압연 및 어닐링의 여러 패스는 내부 다공성을 더욱 제거하고 폴리브덴 시트의 균일한 밀도를 보장합니다. 밀도 일관성은 박막 증착 또는 대상 응용 분야에서 특히 중요한데, 밀도 편차가 작으면 불균일한 스퍼터링 속도나 불안정한 재료 특성으로 이어질 수 있기 때문입니다. 실제 측정에서 폴리브덴 시트의 밀도는 일반적으로 아르키메데스 배수 방법 또는 X 선 밀도계에 의해 검증되며 오류는 고정밀 응용 분야의 요구 사항을 충족하기 위해 $\pm 0.01 \text{ g/cm}^3$ 내에서 제어됩니다.

2.1.2 폴리브덴 시트의 녹는점

폴리브덴 시트의 융점은 약 2620 °C (2893 K)로 일반적인 금속 중 텅스텐 (3422 °C) 및 레늄 (3180 °C)에 이어 두 번째로 눈에 띄는 물리적 특성 중 하나입니다. 이 매우 높은 융점으로 인해 폴리브덴 시트는 고온 환경에서 잘 작동할 수 있으며 진공로, 원자로 및 항공 우주 엔진의 내열 부품에 널리 사용됩니다. 폴리브덴의 높은 융점은 강한 금속 결합과 신체 중심의 입방체 결정 구조로 인해 고온에서 높은 기계적 강도를 제공합니다. 예를 들어, 1200°C 에서 폴리브덴 시트의 인장 강도는 여전히 700MPa 이상으로 유지될 수 있으며, 이는 다른 많은 금속 재료보다 훨씬 높습니다. 융점의 안정성은 또한 폴리브덴 시트의 순도와 밀접한 관련이 있으며, 이는 불순물 함량이 매우 낮기 때문에 고순도 폴리브덴 시트의 이론적 값($\geq 99.95\%$)에 더 가까운 반면, 미량 불순물(예: 탄소, 산소 또는 질소)은 융점을 약간 낮추거나 국부적 특성 변화를 일으킬 수 있습니다. 생산 과정에서 폴리브덴 시트의 융점 특성은 원료 정제 및 가공 환경의 엄격한 제어를 통해 보존됩니다. 예를 들어, 폴리브데나이트(MoS_2)는 재료 특성에 영향을 미치는 산화물 개재물을 방지하기 위해 정제 후 진공 상태에서 고온으로 소결하거나 대기를 환원해야 합니다. 또한 폴리브덴 시트는 고온 응용 분야에서 산화 경향에 주의해야 하며 600°C 이상의 산화 대기에서는 폴리브덴이 휘발성 산화물(예: MoO_3)을 빠르게 형성하므로 진공 상태에서 또는 아르곤 또는 질소와 같은 불활성 가스의 보호 하에서 높은 융점을 활용하기 위해 자주 사용됩니다. 폴리브덴 시트의 이러한 특성은 고온 용광로의 열 차폐, 스퍼터링 타겟 및 초합금 기판에 이상적입니다.

2.1.3 폴리브덴 시트의 끓는점

폴리브덴 시트의 끓는점은 약 4639 °C (4912 K)로 텅스텐 (5555 °C) 및 레늄 (5596 °C)과 같은 몇 가지 고 융점 금속에 이어 두 번째로 금속 재료 분야에서 가장 높은 것 중 하나입니다. 이 매우 높은 끓는점은 폴리브덴 시트가 매우 높은 온도 조건에서 구조적으로 안정적으로 유지되도록 하여 플라즈마 스프레이, 진공 증발 또는 고온 용융 장비와 같은 초고온 작동이 필요한 응용 분야에 사용하기에 특히 적합합니다. 폴리브덴의 높은 끓는점은 강한 금속 결합 및 낮은 증기압 (3000 °C 에서 약 10 °C 의 증기압)과 밀접한 관련이 있으며, 이는 융점에 가까운 온도에서도 폴리브덴 시트가 휘발 손실이 매우 낮고 오랫동안 물리적 형태를 유지할 수 있음을 의미합니다. 끓는점의 안정성은 폴리브덴 시트의 순도에 영향을 받으며, 이는 고순도 폴리브덴 시트의 불순물 함량이 낮기 때문에 이론적 값에 더 가깝습니다($\geq 99.95\%$), 미량 불순물(예: 산소 또는 탄소)은 국부 휘발 또는 표면 결함을 유발할 수 있습니다. 생산 과정에서 폴리브덴 시트의 끓는점

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

특성은 고순도 원료의 선택과 진공 환경에서의 가공 공정에 의해 최적화됩니다. 예를 들어, 진공 소결 또는 어닐링 (온도는 일반적으로 1800-2000 °C 에서 제어됨) 중에 산화물 또는 질화물의 형성을 효과적으로 줄일 수 있으며 고온에서 재료의 안정성을 보장 할 수 있습니다. 몰리브덴 시트의 높은 끓는점은 항공 우주 산업(예: 로켓 노즐 라이닝) 또는 반도체 산업(예: 고온 증발 보트)에서 고유한 이점을 제공하지만 산화물 휘발로 인한 재료 손실을 방지하기 위해 산화 대기에서 고온 노출을 피해야 합니다.

2.1.4 몰리브덴 시트의 전도성

몰리브덴 시트의 전도도는 전자 산업에서 광범위하게 적용되기 위한 중요한 기초이며 저항률은 약 $5.2 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ (20°C 에서)이고 해당 전도도는 $1.92 \times 10^7 S/m$ 로 우수한 전도성을 보여줍니다. 구리(저항률 $1.68 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$) 또는 은($1.59 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$)에 비해 몰리브덴 시트는 전도성이 약간 낮지만 고온에서의 전도성 안정성은 많은 일반 도체 재료보다 훨씬 높습니다. 예를 들어, 1000°C 에서 몰리브덴 시트의 저항은 약 2.5 배까지만 증가하는 반면 구리의 저항은 5 배 이상 증가할 수 있습니다. 이러한 고온 전도성 안정성으로 인해 몰리브덴 시트는 전극 재료, 스퍼터링 타겟 및 고온 회로 부품에 이상적입니다. 몰리브덴 시트의 전도도는 결정 구조 및 순도와 밀접한 관련이 있으며 몰리브덴 금속의 신축 중심 입방 구조는 전자 이동성이 높으며 고순도($\geq 99.95\%$)는 결정립 경계 산란 및 불순물 저항을 줄일 수 있습니다. 생산 공정 중, 몰리브덴 시트의 전도성 특성은 압연 공정 및 어닐링 조건을 제어하여 더욱 최적화됩니다. 예를 들어, 응력 제거 어닐링(1100-1300°C)은 결정립 구조를 개선하고 결정립 경계 저항을 줄여 전도성을 높입니다. 또한, 연마 또는 산세와 같은 표면 처리는 표면의 전도성에 대한 산화물 층의 영향을 줄여 진공 또는 불활성 환경에서 몰리브덴 시트의 안정적인 전기적 특성을 보장합니다. 몰리브덴 시트의 전기 전도성은 반도체 제조에서 특히 중요하며, 예를 들어 전도성 박막을 증착하기 위한 스퍼터링 타겟 또는 X 선관의 양극 물질로 사용됩니다.

2.1.5 몰리브덴 시트의 열전도율

몰리브덴 시트의 열전도율은 고온 방열 및 열 관리 응용 분야에서 중요한 이점이며, 20°C 에서 약 $138 W/m \cdot K$ 의 열전도율로 알루미늄($237 W/m \cdot K$)에 가깝지만 스테인리스강(약 $16 W/m \cdot K$)보다 훨씬 높습니다. 이 우수한 열전도율로 인해 몰리브덴 시트는 열을 빠르게 전달할 수 있으며, 이는 고온로의 열 차폐, 전자 장치의 방열 기관 및 항공 우주 부품의 열 관리에 널리 사용됩니다. 몰리브덴 시트의 열전도율은 전자 구조 및 결정 규칙성과 밀접한 관련이 있으며 몰리브덴 금속의 신축 중심 입방 구조는 자유 전자 밀도가 높아 빠른 열 전도에 도움이 됩니다. 열전도율은 온도가 증가함에 따라 약간 감소하지만(예: 1000°C 에서 약 $100 W/m \cdot K$ 까지) 대부분의 고온 응용 분야에는 여전히 충분합니다. 몰리브덴 시트의 열전도율은 순도와 미세 구조의 영향을받으며, 고순도 몰리브덴 시트($\geq 99.95\%$)는 입자 경계 및 불순물의 산란이 적어 열전도율이 우수하며, 도핑 된 합금(예 : TZM)은 원소의 추가로 인해 열전도율 (약 $120-130 W / m \cdot K$)을 약간 감소시킬 수 있습니다. 생산 과정에서 몰리브덴 시트의 열전도율은 진공 소결을 통한 내부 다공성 감소 또는 냉간 압연 및 어닐링을 통한 입자 크기 제어와 같은 소결 및 압연 공정을 최적화하여 열 저항을 최소화함으로써 향상됩니다. 실제 응용 분야에서 몰리브덴 시트의

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

열전도율은 반도체 패키징의 방열판 재료 또는 고온 용광로의 열 차폐 층으로 만들어 온도 구배를 효과적으로 줄이고 장비 수명을 연장할 수 있습니다.

2.1.6 몰리브덴 시트의 열팽창 계수

몰리브덴 시트의 열팽창 계수는 고온 응용 분야에서 중요한 물리적 특성으로 평균 약 $4.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ($20-1000^{\circ}\text{C}$ 범위)로 구리($16.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) 및 알루미늄($23.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)보다 훨씬 낮습니다. 그러나 많은 세라믹 재료(예: 알루미나, 약 $7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) 및 반도체 기판(예: 실리콘, 약 $2.6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)의 열팽창 계수와 유사합니다. 이 낮은 열팽창 계수는 몰리브덴 시트가 고온 환경에서 열 응력을 효과적으로 줄일 수 있도록 하여 전자 패키징, 박막 증착 및 열 차단 코팅과 같은 열 정합이 필요한 응용 분야에 이상적입니다. 낮은 열팽창 계수는 강한 원자간 결합력을 가진 몰리브덴 금속의 몸체 중심의 입방체 결정 구조 때문이며, 이는 고온에서 결정 격자의 팽창을 제한합니다.

몰리브덴 시트의 열팽창 성능은 순도 및 가공 기술의 영향을받으며, 고순도 몰리브덴 시트 ($\geq 99.95\%$)는보다 안정적인 열팽창 계수를 갖는 반면, 도핑 된 합금 (예 : 티타늄 및 지르코늄을 함유 한 TZM)은 열팽창 계수 (약 $5.0-5.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)를 약간 증가시킬 수 있습니다.)。 생산 공정 중에 열팽창 계수의 균일성은 결정립 구조를 최적화하고 미세한 응력 농도를 줄이며 일관된 열팽창 거동을 보장하기 위해 진공 어닐링($1100-1300^{\circ}\text{C}$)과 같은 정밀한 압연 및 어닐링 공정에 의해 제어됩니다. 몰리브덴 시트의 낮은 열팽창 계수는 예를 들어 칩 패키징을 위한 기판 재료와 같은 반도체 제조에서 특히 중요하며, 이는 온도 변화로 인한 열 불일치 응력을 효과적으로 줄여 장치 신뢰성을 향상시킬 수 있습니다. 또한 고온 용광로 또는 항공 우주 부품에서 몰리브덴 시트의 낮은 열팽창 특성은 구조적 안정성을 유지하고 서비스 수명을 연장하는 데 도움이 됩니다.

2.2 몰리브덴 시트의 기계적 성질

고온에서 고강도, 연성 및 크리프 저항을 포함한 몰리브덴 시트의 기계적 특성은 가혹한 응용 분야에서 몰리브덴 시트의 핵심 장점입니다. 몰리브덴 금속의 몸체 중심의 입방체 결정 구조는 기계적 강도가 우수하지만 어느 정도의 저온 취성을 제공합니다. 냉간 압연, 열간 압연 및 어닐링과 같은 고급 가공 기술을 통해 몰리브덴 시트의 기계적 특성을 최적화하여 상온 및 고온 모두에서 우수한 성능을 발휘할 수 있습니다. 다음은 몰리브덴 시트의 고강도, 연성 및 크리프 저항을 자세히 분석하고 전문적인 데이터를 통해 항공 우주, 원자력 산업 및 고온로에서의 적용 가능성을 밝힙니다.

2.2.1 몰리브덴 시트의 고강도

몰리브덴 시트의 높은 강도는 고하중 및 고온 환경에서 중요한 특성이며 인장 강도는 실온에서 $800-1000\text{ MPa}$ 에 도달 할 수 있으며 이는 알루미늄 (약 200 MPa) 또는 스테인레스 스틸 (약 500 MPa)과 같은 많은 일반적인 금속보다 훨씬 높습니다. 1200°C 와 같은 고온에서 몰리브덴 시트의 인장 강도는 여전히 700 MPa 이상으로 유지될 수 있어 우수한 강도 안정성을 보여줍니다. 이 높은 강도는 몰리브덴의 강한 금속 결합과 높은

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

탄성 계수(약 320GPa)에서 비롯되어 상당한 기계적 응력을 견딜 수 있습니다. 폴리브덴 시트의 강도는 순도 및 가공 기술의 영향을 받으며, 고순도 폴리브덴 시트($\geq 99.95\%$)는 결정립계의 불순물이 적기 때문에 강도가 더 높으며, 도핑된 합금(예: TZM)은 티타늄, 지르코늄 및 기타 원소를 첨가하여 고온 강도(최대 1200MPa 이상)를 더욱 향상시킵니다. 생산 과정에서 폴리브덴 시트의 강도는 다중 패스 압연 및 응력 제거 어닐링에 의해 최적화됩니다. 냉간 압연 공정은 전위 및 입자 미세화를 도입하여 강도를 크게 향상시키는 반면, 어닐링(1100-1300°C)은 강도와 인성의 균형을 유지하고 과도한 취성을 방지합니다. 폴리브덴 시트의 높은 강도는 항공 우주 부문(예: 터빈 블레이드의 지지 구조) 또는 원자력 산업(예: 원자로 용기 라이닝)에서 중요한 응용 분야이며 극한의 기계적 부하와 고온 응력을 견딜 수 있습니다.

2.2.2 폴리브덴 시트의 연성

폴리브덴 시트의 연성은 기계적 특성의 중요한 측면이지만, 신체 중심의 입방체 결정 구조는 실온에서 어느 정도의 취성을 나타내지만 적절한 조건에서 우수한 연성을 얻을 수 있습니다. 실온에서 폴리브덴 시트는 일반적으로 구리와 같은 연성이 높은 금속(약 50%)보다 낮은 5-10%의 파단 신율을 갖지만 고온 가공 또는 어닐링으로 크게 개선할 수 있습니다. 예를 들어, 1000-1200°C의 재결정 온도에서 폴리브덴 시트의 파단 신율은 20% 이상으로 증가할 수 있으며, 이는 복잡한 형상을 성형하는 데 적합합니다. 연성의 향상은 결정립 구조의 최적화와 밀접한 관련이 있으며 냉간 압연 폴리브덴 시트는 높은 고장 밀도로 인해 부서지기 쉽지만 진공 어닐링(1100-1300°C)에 의해 결정립 재결정화를 촉진할 수 있으며 내부 응력 및 전위 밀도를 감소시켜 연성을 향상시킬 수 있습니다. 고순도 폴리브덴 시트($\geq 99.95\%$)는 불순물이 적어 연성이 더 좋은 반면, 도핑된 합금(예: TZM)은 고온에서 연성이 약간 감소하지만 저온에서는 순수 폴리브덴보다 여전히 우수합니다. 생산 과정에서 폴리브덴 시트의 연성은 저온 어닐링과 결합된 작은 변형으로 여러 패스로 압연하는 것과 같은 정밀하게 제어된 롤링 패스 및 어닐링 공정에 의해 최적화되어 강도를 유지하면서 연성을 향상시킵니다. 폴리브덴 시트의 연성은 박막 증착, 스탬핑 및 반도체 산업의 유연한 기판 또는 대상과 같은 정밀 가공에 널리 사용됩니다.

2.2.3 고온에서 폴리브덴 시트의 크리프 저항

고온에서 폴리브덴 시트의 크리프 저항은 특히 항공 우주 및 고온 스토브와 같은 응용 분야에서 고온의 장기 부하에서 중요한 이점입니다. 크리프는 고온 및 일정한 응력에서 재료의 느린 변형을 말하며 폴리브덴 시트는 1200°C에서 10°C 및 100MPa 응력/s와 같이 고온(1000-1500°C)에서 크리프 속도가 매우 낮으며 이는 스테인리스강(약 10°C/s)보다 훨씬 우수합니다. 이 우수한 크리프 저항은 폴리브덴 금속의 높은 용점과 강한 금속 결합뿐만 아니라 고온에서 몸체 중심의 입방체 결정 구조의 안정성 때문입니다. 도핑된 합금(예: TZM)은 티타늄, 지르코늄 및 탄소를 첨가하여 침전상을 형성함으로써 크리프 저항을 더욱 향상시키며, 크리프 강도는 순수 폴리브덴에 비해 30-50% 증가할 수 있습니다. 생산 중 소결 온도(1800-2000°C) 및 냉각 속도 제어와 같은 입자 크기 및 도핑 공정을 최적화하여 크리프 저항을 개선하여 입자 경계 슬립 및 크리프 변형을 줄이는 미세하고 균일한 입자 구조를 만듭니다. 또한 폴리브덴 시트의 크리프 저항은 표면 상태 및 사용

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

환경과 관련이 있으며 진공 또는 불활성 분위기에서 몰리브덴 시트는 산화물 형성을 피할 수 있으므로 장기간 고온 안정성을 유지할 수 있습니다. 고온에서 몰리브덴 시트의 크리프 저항은 고온로 내부, 원자로 지지 구조 및 항공 우주 고온 부품에서 대체할 수 없으므로 극한 조건에서도 모양과 강도를 유지할 수 있습니다.

2.2.4 몰리브덴 시트의 경도

CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트의 경도는 기계적 특성의 중요한 구현체이므로 내마모성 및 고하중 응용 분야에서 상당한 이점이 있습니다. 몰리브덴 시트의 경도는 일반적으로 비커스(HV) 또는 브리넬(HB)로 표시되며 실온에서 고순도 몰리브덴 시트(순도 $\geq 99.95\%$)의 비커스 경도 범위는 220-250HV이며, 이는 약 230-260 HB의 브리넬 경도와 동일하며 알루미늄(약 30HV)보다 훨씬 높고 일부 저합금강에 가깝습니다. 이 높은 경도는 몰리브덴 금속의 신체 중심 입방 결정 구조와 강한 원자 결합력으로 인해 표면 긁힘 및 변형에 효과적으로 저항할 수 있기 때문입니다. 냉간 압연 몰리브덴 시트의 경도는 전위 밀도의 증가로 인해 280 HV 이상으로 증가할 수 있으며, 어닐링 (1100-1300 °C)의 경도는 인성의 균형을 맞추기 위해 200-220 HV로 약간 감소합니다. TZM(티타늄, 지르코늄 및 탄소 함유)과 같은 도핑 합금은 석출 강화 메커니즘을 통해 300-350HV의 경도에 도달할 수 있으며 이는 고온 및 고하중 환경에 특히 적합합니다. 생산 공정에서 압연 변형 및 어닐링 공정의 양을 제어하여 경도를 정밀하게 조정하며, 예를 들어 저온 어닐링과 결합된 다중 패스 냉간 압연을 통해 입자 크기를 최적화하고 높은 경도를 유지하며 취성을 방지합니다. 몰리브덴 시트의 경도가 높기 때문에 스퍼터링 대상, 절삭 공구 코팅 기판 및 고온 금형에 탁월하며 기계적 마모 및 표면 응력을 견딥니다.

2.2.5 몰리브덴 시트의 인성

몰리브덴 시트의 인성은 힘을 받았을 때 에너지를 흡수하고 파괴에 저항하는 능력을 말하며, 신체 중심의 입방체 결정 구조는 실온에서 어느 정도의 취성을 나타내지만 적절한 공정 최적화를 통해 몰리브덴 시트는 적당한 인성을 나타낼 수 있습니다. 실온에서 몰리브덴 시트의 파괴 인성(K_{IC})은 일반적으로 $10-15\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 로 구리(약 $50\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$)와 같은 고인성 금속보다 낮지만 고온(1000-1200°C)에서는 인성이 크게 향상되고 파괴 인성이 $20\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 이상에 도달할 수 있습니다. 이는 고온에서 결정립계 슬립 및 전위 운동이 향상되어 취성 파괴 경향을 감소시키기 때문입니다. 몰리브덴 시트의 인성은 순도와 미세 구조의 영향을 받으며, 고순도 몰리브덴 시트($\geq 99.95\%$)는 불순물이 적어 입자 경계가 더 깨끗하고 인성이 우수하며, TZM과 같은 도핑 합금은 석출 상 강화를 통해 고온에서 인성과 강도의 균형을 유지할 수 있습니다. 생산에서 입자 크기를 제어하고 진공 어닐링(1100-1300°C)과 같은 어닐링 공정을 최적화하여 균일하고 미세한 입자를 형성함으로써 인성이 효과적으로 향상되고 균열 전파가 감소합니다. 몰리브덴 시트의 인성은 고온 노즐 및 전자 기판과 같은 항공 우주 부품에서 이점을 제공합니다., 파손되지 않고 열 충격과 기계적 진동을 견딜 수 있습니다.

2.2.6 몰리브덴 시트의 피로 저항

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

몰리브덴 시트의 피로 저항은 반복 응력 하에서 피로 균열 시작 및 전파에 저항하는 능력을 반영하며, 이는 동적 하중 응용 분야의 핵심 특성입니다. 실온에서 몰리브덴 시트의 피로 한계(즉, 10^7 사이클에서 파손되지 않는 응력)는 약 400-500MPa 로 인장 강도의 약 50%입니다. 고온(1000°C)에서 피로 한계는 300-400MPa 로 약간 떨어지지만 여전히 많은 금속 재료보다 우수합니다. 몰리브덴 시트의 피로 저항은 결정 구조 및 표면 품질과 밀접한 관련이 있으며 몰리브덴 금속의 신체 중심 입방 구조는 피로 균열 전파 저항이 더 높은 반면 고순도 몰리브덴 시트($\geq 99.95\%$)는 결정립계의 불순물이 적기 때문에 피로 성능이 우수합니다. TZM 과 같은 도핑된 합금은 석출 강화를 통해 피로 수명을 더욱 늘릴 수 있습니다. 생산 공정에서 표면 미세 균열의 시작 지점을 줄이기 위해 연마 표면($Ra \leq 0.4$ 미크론)과 같은 압연 및 표면 처리 공정을 최적화하고 잔류 응력을 줄이고 피로 수명을 연장하기 위해 응력 제거 어닐링(1100-1300°C)과 같은 압연 및 표면 처리 공정을 최적화하여 피로 저항을 향상시킵니다. 몰리브덴 시트의 피로 저항은 항공 우주(예: 터빈 블레이드 지지대) 및 고온 진동 환경(예: 원자로 구성 요소)에서 우수하며 고장 없이 장기 반복 하중을 견딜 수 있습니다.

2.3 몰리브덴 시트의 화학적 성질

내식성 및 내산화성을 포함한 몰리브덴 시트의 화학적 특성은 가혹한 화학 환경에서의 적합성을 결정합니다. 안정적인 화학적 특성과 낮은 반응성으로 인해 몰리브덴 금속은 비산화성 산, 알칼리 및 다양한 화학 매체에서 우수한 내식성을 나타내지만 산화 분위기에서 표면 보호에 특별한주의를 기울여야 합니다. 몰리브덴 시트의 내식성 및 내산화성은 아래에서 자세히 논의될 것이며, 화학 환경에서 어떻게 작용하는지 밝히기 위해 전문가 데이터와 결합될 것입니다.

2.3.1 몰리브덴 시트의 내식성

몰리브덴 시트의 내식성은 화학 산업 및 극한 환경, 특히 비산화성 산 및 알칼리성 환경에서 중요한 이점입니다. 몰리브덴 시트는 염산, 황산 및 불산 등의 비산화성 산에 대한 내식성이 우수하며, 예를 들어 10% 염산(20°C)의 농도에서 부식 속도는 0.01mm/년 미만으로 스테인리스강(약 0.1mm/년)보다 훨씬 우수합니다. 수산화나트륨 용액과 같은 알칼리성 환경에서도 몰리브덴 시트는 부식 속도가 0.005mm/년 미만으로 잘 작동합니다. 이는 몰리브덴 금속의 화학적으로 불활성인 특성과 높은 전극 전위 때문이며, 이로 인해 비산화 매체와의 전기화학 반응이 덜 일어나기 때문입니다. 그러나 산화성 산 (예 : 진한 질산) 중 몰리브덴 시트는 용해성 몰리브덴 산염의 형성으로 인해 내식성이 좋지 않습니다. 몰리브덴 시트의 내식성은 표면 상태 및 순도와 밀접한 관련이 있으며, 고순도 몰리브덴 시트($\geq 99.95\%$)는 불순물이 적어 입자 경계에서 부식되는 경향이 낮고 표면($Ra \leq 0.4$ 미크론)을 연마하거나 산세하면 부식점을 더욱 줄일 수 있습니다. 생산에서 내식성은 진공 소결에 의한 산소 및 질소 불순물 제거 또는 부식성 세척에 의한 표면 산화물 제거와 같은 최적화된 정제 공정 및 표면 처리에 의해 향상됩니다. 몰리브덴 시트의 내식성은 화학 반응기 라이닝, 전극 재료 및 해양 공학에 널리 사용됩니다.

2.3.2 몰리브덴 시트의 내산화성

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

몰리브덴 시트의 내산화성은 몰리브덴 금속이 산화 분위기에서 휘발성 산화물을 형성하기 쉽기 때문에 고온 환경에서 화학적 특성의 제한 요소입니다. 600°C 미만의 온도에서는 얇고 조밀한 산화물 층(예: MoO_2)이 몰리브덴 시트 표면에 형성되어 약간의 보호를 제공할 수 있지만 600°C 이상에서는 몰리브덴이 빠르게 산화되어 휘발성 삼산화몰리브덴(MoO_3)을 형성합니다. 증발 속도는 800°C 에서 $0.1\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{h}$ 에 달할 수 있어 재료 손실이 급격히 줄어듭니다. 이 특성은 고온 응용 분야를 위한 산화 분위기에서 몰리브덴 시트의 사용을 제한하며, 종종 산화 손실을 피하기 위해 아르곤 또는 질소와 같은 진공 또는 불활성 가스의 보호 하에 있습니다. 진공 환경에서는 몰리브덴 시트의 내산화성이 크게 향상되고 표면은 1500°C 에서도 안정적으로 유지됩니다. 내산화성은 몰리브덴 시트의 순도 및 표면 처리의 영향을 받으며 고순도 몰리브덴 시트($\geq 99.95\%$)는 불순물이 적어 산화율이 낮고 도핑된 합금(예: TZM)은 티타늄과 지르코늄을 첨가하여 내산화성을 약간 향상시킬 수 있습니다. 생산 시 내산화성은 표면 코팅(예: 규화물 또는 알루미늄 코팅) 또는 진공 어닐링 공정(예: 표면 산소 흡착을 줄이기 위한 1200°C)에 의해 최적화됩니다. 몰리브덴 시트의 내산화성은 고온 공기 환경에서 직접 사용을 제한하지만 고온 안정성으로 인해 진공로, 반도체 제조 및 원자력 산업에 이상적입니다.

2.4 CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트 MSDS

CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트는 고순도 금속 재료로서 MSDS(Material Safety Data Sheet) 또는 SDS(Safety Data Sheet)는 안전한 사용, 보관 및 운송을 보장하는 중요한 문서이며 GHS(International Harmonized System of Classification and Labelling of Hazardous Chemicals)의 요구 사항을 충족합니다. 몰리브덴 시트 자체는 정상적인 조건에서 위험하지 않은 것으로 간주되지만 MSDS 는 물리 화학적 특성, 건강 및 환경 위험, 안전한 작동 지침 및 산업 안전 및 규정 준수를 보장하기 위한 비상 조치에 대한 자세한 정보를 제공합니다. 다음은 CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트의 MSDS 함량을 물리적 및 화학적 특성, 건강 및 환경 영향, 작동 및 보관, 보호 조치 및 응급 치료 측면에서 자세히 설명합니다.

CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트의 물리적 및 화학적 특성은 MSDS 의 핵심 부분으로 사용자에게 재료의 기본적인 물리적 및 화학적 정보를 제공합니다. 화학 성분은 고순도 몰리브덴 (순도 $\geq 99.95\%$), 화학 기호 Mo, 원자 번호 42, 밀도 약 $10.22\text{ g}/\text{cm}^3$ (20 °C), 용점 약 2620 °C, 끓는점 약 4639 °C 입니다. 몰리브덴 시트는 은회색 금속 광택을 가지며 일반적으로 두께가 0.01mm 에서 3mm 사이인 플레이트 또는 호일 형태로 발견됩니다. 연마 또는 산세와 같은 표면 처리는 외관과 거칠기에 영향을 미칩니다(Ra 0.4-1.6 미크론). 몰리브덴 시트는 실온에서 화학적으로 안정하고 물에 불용성이며 비산화성 산(예: 염산, 황산) 및 알칼리 용액과의 반응성이 낮지만 고온 산화 분위기($>600^\circ\text{C}$)에서 휘발성 삼산화몰리브덴(MoO_3)이 발생하기 쉽습니다. MSDS 는 몰리브덴 시트의 인화점과 자동 발화점이 고체 금속이고 정상적인 조건에서 폭발이나 가연성의 위험이 없기 때문에 적용할 수 없다고 분명히 명시하고 있습니다. 이러한 기능은 안전한 작동을 위한 기반을 제공하여 사용자가 자신의 물리적 행동과 잠재적인 화학 반응을 인식할 수 있도록 합니다.

건강 및 환경 영향은 MSDS 의 중요한 구성 요소이며, 이는 인간과 환경에 대한 몰리브덴

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

시트의 잠재적 위험을 평가하는 것을 목표로 합니다. 폴리브덴 정제는 정상적인 사용 조건에서 인체에 심각한 건강 위험을 초래하지 않으며, 독성이 극히 낮으며, 순수한 폴리브덴은 독성 물질로 간주되지 않기 때문에 급성 경구 독성(LD50) 데이터를 일반적으로 사용할 수 없습니다. 그러나 절단, 연삭 또는 용접과 같은 가공 과정에서 폴리브덴 분진 또는 연기가 생성될 수 있으며, 고농도의 분진을 흡입하면 가벼운 호흡기 자극을 유발할 수 있으며, 장기간 노출되면 폐 불편함을 유발할 수 있습니다. MSDS 는 먼지 흡입을 피하고 작업장의 환기가 잘 되는지 확인할 것을 권장합니다. 폴리브덴 시트와 피부의 눈 접촉은 일반적으로 무해하지만 날카로운 모서리는 기계적 긁힘을 유발할 수 있으므로 안전하게 취급해야 합니다. 환경적 관점에서 볼 때 폴리브덴 시트 자체는 물, 토양 및 공기에 대한 직접적인 오염 위험이 없지만 가공으로 인해 발생하는 폴리브덴 먼지 또는 폐기물은 적절하게 처리되지 않으면 지역 환경에 영향을 미칠 수 있습니다. MSDS 는 폴리브덴 시트 폐기물을 현지 규정에 따라 분류 및 재활용해야 하며 환경 보호 요구 사항을 충족하기 위해 환경으로 직접 배출하지 않아야 한다고 강조합니다.

안전한 취급 및 보관은 작업장에서 폴리브덴 시트를 안전하게 사용하기 위한 MSDS 의 핵심 부분입니다. CTIA GROUP LTD 폴리브덴 시트는 표면 산화를 방지하기 위해 고온(>600°C) 및 산화 분위기를 피하고 건조하고 통풍이 잘되는 환경에 보관해야 합니다. 저장 영역은 강한 산화제 (예 : 진한 질산) 또는 고온 점화원에서 멀리 유지해야 합니다., 폴리브덴은 고온에서 산소와 반응하여 MoO 를 형성 할 수 있습니다. MSDS 는 특히 절단, 연삭 또는 용접 시 먼지 흡입이나 기계적 부상을 방지하기 위해 보호 장갑, 보안경 및 방진 마스크와 같은 적절한 개인 보호 장비(PPE)를 사용할 것을 권장합니다. 장비를 작동할 때 먼지 농도가 직업적 노출 한계 미만이 되도록 국소 배기 환기 시스템을 장착해야 합니다(예: OSHA PEL 또는 ACGIH TLV, 폴리브덴 분진에 대한 권장 노출 한계는 약 10mg/m³). 운송 측면에서 폴리브덴 시트는 IMDG(International Maritime Dangerous Goods) 또는 IATA(International Air Transport Association)의 위험물 범주에 속하지 않지만 물리적 손상이나 오염을 방지하기 위해 적절하게 포장해야 합니다. MSDS 는 또한 습기나 고온이 재료 특성에 영향을 미치지 않도록 저장 시설을 정기적으로 검사할 것을 권장합니다.

비상 조치는 MSDS 의 또 다른 핵심 요소로, 예상치 못한 상황에 신속하게 대응할 수 있는 지침을 제공합니다. 폴리브덴 시트 가공에서 분진을 흡입한 경우 MSDS 는 영향을 받은 개인을 신선한 공기가 있는 곳으로 옮기고 증상이 지속되면 의사의 진료를 받을 것을 권장합니다. 피부가 폴리브덴 시트에 닿아 급한 자국이 생기면 즉시 상처를물로 행구고 적절한 상처 치료를 수행해야 합니다. 폴리브덴 가루가 눈에 들어간 경우 15 분 이상 다량의 물로 행구고 의사의 진찰을 받으십시오. 화재가 발생했을 경우 폴리브덴 시트 자체는 가연성이 없으나 고온 산화가 수반되는 경우에는 건조 분말이나 이산화탄소 소화제를 사용해야 하며, 반응이 심화되는 것을 방지하기 위해 수성 소화제는 피해야 합니다. 유출 또는 폐기물 처리의 경우, MSDS 는 비산 분진을 방지하기 위해 폴리브덴 분진을 포집하기 위해 진공 청소기 장비 또는 습식 세정 방법을 사용하도록 요구하고 폐기물을 승인된 재활용 시설로 보내 폐기하도록 요구하며 폐기를 금지합니다. 비상 연락처 정보에는 일반적으로 사고 발생 시 제조업체의 비상 전화 번호와 주소가 포함됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD 물리브덴 칩의 MSDS 는 또한 OSHA 위험 통신 표준(29 CFR 1910.1200), EU REACH 규정(EC No 1907/2006) 및 중국 GB/T 16483-2008 표준과 같은 국제 및 지역 규제 요구 사항을 준수해야 합니다. 이 문서는 물질 식별, 위험 분류, 성분 정보, 응급 처치 조치, 화재 방지 조치, 유출 비상 대응, 작동 및 보관, 노출 제어, 물리 화학적 특성, 안정성 및 반응성, 독성 정보, 생태 정보, 폐기 정보, 운송 정보, 규제 정보 및 기타 정보를 포함하여 GHS 표준의 16 개 섹션으로 구성되어 있습니다. MSDS 는 정확성과 규정 준수를 보장하기 위해 3 년마다 업데이트하거나 새로운 위험 정보를 사용할 수 있게 되면 수정해야 합니다. 사용자는 CTIA GROUP LTD 의 공식 웹 사이트를 통해 최신 MSDS 문서를 얻거나 고객 서비스 부서에 문의하여 작업이 산업 안전 및 환경 보호 규정을 준수하는지 확인할 수 있습니다.

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	$\pm 0.005\text{ mm} - \pm 0.2\text{ mm}$
Surface Roughness	Ra $0.8\text{ }\mu\text{m} - \text{Ra } 3.2\text{ }\mu\text{m}$

4. Production Process

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

5. Purchasing Information

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

Website: molybdenum.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP LTD 폴리브텐 시트

장 3 폴리브텐 시트의 분류

폴리브텐 시트 는 일반적으로 순도, 합금 조성, 가공 기술 또는 다양한 산업 분야의 요구 사항을 충족하기 위한 응용 시나리오에 따라 다양한 방식으로 분류됩니다. 순도는 폴리브텐 시트의 분류를 위한 중요한 기초 중 하나입니다., 순도는 물리적, 화학적 및 기계적 특성에 직접적인 영향을 미치기 때문에 고온, 전자, 항공 우주 및 기타 분야에서의 적용 가능성을 결정하기 때문입니다. 높은 품질과 다양한 분류 표준을 갖춘 CTIA GROUP LTD 폴리브텐 시트는 시장에서 널리 사용되었습니다. 다음은 순도에 따른 폴리브텐 시트의 분류에 중점을 두고 고순도 폴리브텐 시트($\geq 99.95\%$ 순도) 및 일반 순도 폴리브텐 시트($99\% - 99.9\%$ 순도)의 특성, 준비 공정 및 적용 시나리오를 자세히 분석합니다.

3.1 순도에 따른 폴리브텐 시트의 분류

순도에 의한 분류는 폴리브텐 시트의 가장 일반적인 등급 지정 방법 중 하나이며, 일반적으로 폴리브텐 금속의 순도 수준에 따라 고순도 폴리브텐 시트(순도 $\geq 99.95\%$)와 일반 순도 폴리브텐 시트(순도 $99\% - 99.9\%$)로 나뉩니다. 순도의 차이는 주로 원료 정제 공정 및 생산 공정에서 불순물의 제어에 의한 것으로, 이는 전기 전도성, 열전도성, 내식성 및 고온 안정성과 같은 폴리브텐 시트의 성능 매개변수에 영향을 미칩니다. 순도가 다른 폴리브텐 시트는 생산 공정, 비용 및 응용 분야 측면에서 크게 다르며, 고순도 폴리브텐 시트는 일반적으로 고정밀하고 까다로운 환경에서 사용되는 반면 일반 순도 폴리브텐 시트는 비용에 민감한 범용 시나리오에 더 적합합니다.

3.1.1 고순도 폴리브텐 시트 ($\geq$ 순도 99.95%)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

고순도 폴리브덴 시트는 폴리브덴 금속 함량이 99.95% 이상인 얇은 시트 재료를 말하며, 일반적으로 다단계 정제 공정을 통해 폴리브데나이트(MoS_2)에서 추출되며 고급 진공 제련 또는 전자빔 정제 기술을 사용하여 산소, 탄소 및 질소와 같은 불순물을 제거합니다. 불순물 함량은 매우 낮고(총 불순물 < 500ppm) 철, 니켈 및 실리콘과 같은 원소의 함량은 일반적으로 10-50ppm 이내로 제어됩니다. 이 고순도는 $5.2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ 의 낮은 저항률, 열전도율은 약 $138 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, 인장 강도는 실온에서 800-1000MPa에 도달할 수 있는 등 폴리브덴 시트에 우수한 전기적, 열적, 기계적 특성을 부여합니다. 고순도 폴리브덴 시트의 표면 품질도 더 좋고 연마 또는 산세 후 표면 거칠기가 Ra 0.4 미크론만큼 낮을 수 있어 고정밀 응용 분야에 적합합니다. 생산 과정에서 고순도 폴리브덴 시트는 소결(1800-2000°C)하고 진공 또는 고순도 불활성 가스(예: 아르곤)에서 압연하여 산화 및 불순물 유입을 방지해야 합니다. 어닐링 공정(1100-1300°C)은 결정립 구조를 더욱 최적화하고 연성과 인성을 향상시킵니다. 고순도 폴리브덴 시트의 일반적인 응용 분야에는 고정밀 박막을 증착하기 위한 반도체 산업을 위한 스퍼터링 타겟이 포함됩니다. 로켓 노즐 라이닝과 같은 항공 우주 부품의 고온 부품; 원자력 산업의 방사선 차폐 물질은 불순물 함량이 낮기 때문에 중성자 포획 단면을 줄입니다. 또한 고순도 폴리브덴 시트는 높은 용점(2620°C)과 낮은 열팽창 계수($4.8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$)로 X 선관 양극 및 고온 진공로 열 차폐에서도 우수한 성능을 발휘하여 극한 조건에서 안정성을 보장합니다. 그러나 고순도 폴리브덴 시트의 높은 준비 비용과 복잡한 정제 및 가공 공정으로 인해 주로 고급 응용 분야에 사용됩니다.

3.1.2 일반 순도 폴리브덴 시트 (순도 99% - 99.9%)

일반 순도 폴리브덴 시트는 폴리브덴 함량이 99%에서 99.9% 사이인 플레이크 재료를 말하며 불순물 함량(1000-10,000ppm)은 고순도 폴리브덴 시트보다 높으며 일반적인 불순물에는 철, 니켈, 탄소, 산소 등이 포함되며 함량은 100-500ppm 범위일 수 있습니다. 일반 순도 폴리브덴 시트의 성능은 고순도 폴리브덴 시트의 성능보다 약간 낮으며, 예를 들어 저항률이 약간 높습니다 (약 $5.5\text{-}6.0 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$), 열전도율은 약간 낮고(약 $130\text{-}135 \text{ W/m} \cdot \text{K}$), 인장 강도는 실온에서 700-900 MPa입니다. 그럼에도 불구하고 성능은 많은 산업 요구 사항에 충분하고 생산 비용이 낮아 대규모 생산 및 비용에 민감한 응용 분야에 적합합니다. 일반 순도 폴리브덴 시트의 제조 공정은 비교적 단순화되어 있으며 기존의 분말 야금 기술은 일반적으로 폴리브덴 산화물 (MoO_3)을 얻기 위해 사용되며, 폴리브덴 분말을 수소로 환원시켜 폴리브덴 분말을 만든 다음 소결 및 압연됩니다. 소결 공정은 산화 위험을 줄이기 위해 수소 보호(1600-1800°C) 하에서 수행할 수 있지만 불순물 제어 요구 사항은 고순도 폴리브덴 시트만큼 엄격하지 않습니다. 표면 처리는 대부분 산세 또는 샌드 블라스팅이며 표면 거칠기는 일반적으로 Ra 0.8-1.6 미크론 사이로 일반적인 응용 분야의 요구 사항을 충족합니다. 일반 순도 폴리브덴 시트는 고온로의 열 차폐, 화학 장비의 부식 방지 라이닝 및 전자 산업의 저장밀도 전극 재료에 널리 사용됩니다. 예를 들어, 저항성 가열로에서 일반 순도의 폴리브덴 시트는 1000-1500°C의 고온을 견디기 위해 발열체 또는 지지 구조로 사용됩니다. 일부 기계 부품에서는 적당한 강도와 연성으로 인해 경제적인 선택이기도 합니다. 일반 순도 폴리브덴 시트는 내식성 및 고온 안정성 측면에서 고순도 폴리브덴 시트보다 약간 열등하지만 비산화 환경 또는 중간 정밀도 요구 사항이 있는 시나리오에서 상당한 비용 효율적인 이점이 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.2 제조 공정에 따른 폴리브덴 시트의 분류

폴리브덴 시트의 제조 공정은 특성, 미세 구조 및 응용 시나리오에 중요한 영향을 미치므로 제조 공정에 의한 분류는 폴리브덴 시트를 분류하는 또 다른 중요한 방법입니다. 제조 공정에는 주로 분말 야금과 압연 공정이 포함되며, 압연 공정은 열간 압연과 냉간 압연의 두 가지 방법으로 더 나뉩니다. 서로 다른 공정으로 생산되는 폴리브덴 시트는 입자 구조, 표면 품질, 기계적 특성 및 비용 등에서 상당한 차이를 가지고 있어 고온 산업에서 정밀 전자 제품에 이르기까지 다양한 요구를 충족합니다. 제조 공정을 최적화함으로써 CTIA GROUP LTD 폴리브덴 시트는 제품 성능이 특정 응용 시나리오의 요구 사항을 충족하는지 확인합니다. 다음은 분말 야금으로 제조된 폴리브덴 시트, 열간 압연 폴리브덴 시트 및 냉간 압연 폴리브덴 시트의 공정 특성, 성능 및 응용 분야에 대해 자세히 설명합니다.

3.2.1 분말 야금으로 제조된 폴리브덴 시트

분말 야금은 폴리브덴 시트 생산을 위한 기본 공정으로 고순도 및 복잡한 형상의 폴리브덴 시트 재료를 준비하는 데 적합합니다. 이 공정에는 폴리브데나이트(MoS_2)에서 폴리브덴 산화물(MoO_3)을 추출하는 작업이 포함됩니다.)을 수소로 환원시켜 고순도 폴리브덴 분말(순도 $\geq 99.95\%$)을 생산한 후 압축, 소결 및 후속 가공합니다. 폴리브덴 분말은 일반적으로 고압(100-200MPa)에서 빌릿으로 압착되고 진공 또는 수소 보호 분위기(온도 1800-2000°C) 하에서 소결되어 조밀한 폴리브덴 빌릿을 형성합니다. 소결 과정에서 폴리브덴 분말 입자는 확산에 의해 결합되고 입자 크기는 일반적으로 10-50 미크론으로 제어되며 밀도는 98 % 이상에 도달 할 수 있습니다. 분말 야금으로 제조된 폴리브덴 시트는 균일한 미세 구조와 고순도를 가지며 불순물 함량(예: 산소, 탄소)을 50ppm 이내로 제어할 수 있어 고정밀 응용 분야에 적합합니다. 생성된 폴리브덴 시트의 밀도는 이론값(10.22g/cm^3)에 가깝고, 인장 강도는 실온에서 약 700-900MPa 이며, 표면 거칠기(R_a 0.8-1.6 미크론)는 후속 연마에 의해 최적화될 수 있습니다. 분말 야금 공정의 장점은 초박형 폴리브덴 시트(두께 0.01-0.1mm)와 맞춤형 블랭크를 생산할 수 있는 능력으로, 반도체 산업의 스퍼터링 타겟 및 고온 용광로의 열 차폐에 적합합니다. 그러나 이 공정의 높은 비용과 긴 주기 시간으로 인해 대규모, 저비용 응용 분야에서의 사용이 제한됩니다. 분말 야금으로 제조 된 폴리브덴 시트는 전자, 원자력 및 항공 우주 산업에서 널리 사용되며, 예를 들어 X 선 튜브의 양극 재료 또는 고온 진공로의 구성 요소로 사용됩니다.

3.2.2 압연 공정으로 제조된 열간 압연 폴리브덴 시트

열간 압연 공정은 0.5-3mm 두께의 폴리브덴 시트를 고온(보통 1000-1400°C)에서 압연하여 제조하는 것입니다. 열간 압연 공정은 일반적으로 진공 상태에서 또는 아르곤과 같은 불활성 가스의 보호 하에서 수행되어 고온에서 폴리브덴의 산화를 방지합니다. 폴리브덴 빌릿은 먼저 분말 야금으로 준비한 다음 매번 20-30%의 제어된 변형으로 고온 압연기에서 여러 패스로 압연하여 입자 구조를 점차적으로 얇게 하고 개선합니다. 열간

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

압연 폴리브덴 시트는 입자 크기(50-100 미크론)가 더 크고 고온 가공으로 인해 재결정화되어 연성(약 10-15%의 파단 신율)과 낮은 내부 응력을 제공합니다. 열간 압연 폴리브덴 시트의 인장 강도는 실온에서 약 600-800 MPa 로 냉간 압연 폴리브덴 시트보다 약간 낮지만 고온 강도 (1000 °C 에서 약 500 MPa)가 우수하여 고온 환경에 적합합니다. 표면 품질 측면에서 열간 압연 폴리브덴 시트의 표면 거칠기는 일반적으로 Ra 1.0-2.0 미크론이며 산세 또는 샌드 블라스팅으로 최적화할 수 있습니다. 열간 압연 공정의 장점은 생산 효율이 높고 두꺼운 폴리브덴 시트 제조에 적합하며 분말 야금보다 비용이 저렴하지만 두께 제어 정확도($\pm 0.05\text{mm}$)가 냉간 압연 공정보다 약간 열등하다는 것입니다. 열간 압연 폴리브덴 시트는 고온로의 발열체, 항공 우주 구조 부품(예: 터빈 블레이드 지지대) 및 화학 장비의 부식 방지 라이닝에 널리 사용되며, 강도와 고온 안정성의 조합으로 인해 적당한 정밀도와 내구성에 대한 요구 사항을 충족합니다.

3.2.3 압연 공정으로 제조된 냉간 압연 폴리브덴 시트

냉간 압연 공정은 실온 또는 그 근처에서 폴리브덴 빌렛 또는 열간 압연 폴리브덴 시트를 추가 압연하여 일반적으로 두께가 0.01-1mm 인 초박형 폴리브덴 시트를 생산하는 것입니다. 냉간 압연 공정은 고정밀 압연기에 의해 이루어지며 과도한 응력과 균열을 피하기 위해 매번 변형량을 10-20%로 제어합니다. 냉간 압연 폴리브덴 시트의 입자 크기는 작고(5-20 미크론) 상당한 가공 경화 효과로 인해 전위 밀도가 증가하여 인장 강도가 실온에서 900-1200MPa 에 도달할 수 있으며 이는 열간 압연 폴리브덴 시트보다 훨씬 높습니다. 그러나 냉간 압연 폴리브덴 시트는 연성이 낮고 (파단 신율 약 5-8 %), 응력 제거 어닐링 (800-1100 °C)에 의한 인성 향상이 필요한 경우가 많으며 어닐링 후 강도는 800-1000 MPa 로 약간 감소하지만 파단 연신율은 10-12 %로 증가 할 수 있습니다. 냉간 압연 폴리브덴 시트의 표면 품질이 우수하고 연마 후 표면 거칠기가 Ra 0.4 미크론만큼 낮을 수 있으며 두께 허용 오차는 $\pm 0.005\text{mm}$ 이내로 제어되어 고정밀 응용 분야의 요구 사항을 충족합니다. 냉간 압연 공정의 장점은 초박형, 고강도 폴리브덴 시트를 생산할 수 있다는 것입니다., 전자 산업의 고정밀 스퍼터링 타겟, 반도체 패키징 기관 및 유연한 전자 부품에 적합한. 그러나 냉간 압연 공정은 매우 까다롭고 표면 결함이나 균열을 방지하기 위해 가공 공정 중 윤활 및 온도를 엄격하게 제어해야 합니다. 냉간 압연 폴리브덴 시트는 고강도, 우수한 표면 품질 및 치수 정확도로 인해 박막 증착, 마이크로 일렉트로닉스 및 의료 기기(예: X 선관 어셈블리)에 널리 사용되어 고급 제조에 선택되는 재료입니다.

3.3 응용 분야에 따른 폴리브덴 시트의 분류

폴리브덴 시트의 다양한 특성으로 인해 많은 산업 분야에서 널리 사용되며 다양한 응용 시나리오에 따라 전자 분야, 야금 산업, 화학 분야, 항공 우주 분야 및 기타 분야로 나눌 수 있습니다. 다양한 응용 분야에는 폴리브덴 시트에 대한 다양한 수준의 순도, 두께, 표면 품질 및 성능이 필요하므로 제조업체는 특정 요구 사항을 충족하기 위해 생산 공정을 최적화해야 합니다. 높은 품질과 사용자 정의 특성으로 CTIA GROUP LTD 폴리브덴 시트는 다양한 분야에서 좋은 성능을 발휘했습니다. 다음은 전자, 야금 산업, 화학 산업, 항공 우주 및 기타 분야에서 폴리브덴 시트의 응용 프로그램 특성, 성능 요구

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

사항 및 일반적인 용도에 대해 자세히 설명합니다.

3.3.1 전자 분야에서 사용되는 폴리브덴 시트

전자 분야에서 폴리브덴 시트는 특히 반도체 제조 및 마이크로 전자 장치에서 우수한 전기 전도성(비저항 약 $5.2 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$), 열전도율(약 $138 W/m \cdot K$) 및 낮은 열팽창 계수(약 $4.8 \times 10^{-6}/^{\circ}C$)로 유명합니다. 고순도 폴리브덴 시트($\geq 99.95\%$)는 입자 경계 저항과 가스 방출을 줄여 장치 신뢰성을 보장하기 위해 불순물 함량이 낮기 때문에 전자 분야에서 선호됩니다.

폴리브덴 시트는 일반적으로 박막 트랜지스터(TFT), 태양 전지 및 집적 회로용 전도층을 생성하기 위해 스퍼터링 타겟에 사용되며, 일반적으로 두께가 $0.01-0.1mm$ 이고 표면 거칠기가 $Ra 0.4$ 미크론으로 낮아 필름 균일성을 보장합니다. 또한, 폴리브덴 시트는 전자 포장에서 방열 기관으로 사용되며 실리콘과 호환됩니다(약 $2.6 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ 의 열팽창 계수는 세라믹 재료와 우수한 열 일치율을 가지고 있어 열 응력을 효과적으로 줄이고 칩의 수명을 연장할 수 있습니다. X 선관에서 폴리브덴 시트는 높은 용점($2620^{\circ}C$)과 우수한 전기 전도성으로 인해 고에너지 전자 충격을 견디는 양극 또는 지지 재료로 사용됩니다. 생산에서 전자 분야의 폴리브덴 시트는 높은 정밀도와 표면 품질을 보장하기 위해 냉간 압연 및 진공 어닐링($1100-1300^{\circ}C$)이 필요합니다. 폴리브덴 시트의 이러한 특성은 반도체, 디스플레이 및 광전자 산업에서 없어서는 안 될 필수 요소입니다.

3.3.2 야금 산업에서 사용되는 폴리브덴 시트

야금 산업에서 폴리브덴 시트는 주로 높은 용점 ($2620^{\circ}C$)과 우수한 고온 강도 ($1200^{\circ}C$ 에서 약 $700 MPa$ 의 인장 강도)로 고온 용광로 및 제련 장비의 구성 요소에 사용됩니다. 일반 순도 폴리브덴 시트($99\%-99.9\%$)는 저렴한 비용으로 인해 방열판, 발열체 및 도가니 라이닝의 제조에 일반적으로 사용되며 두께 범위는 일반적으로 $0.5-3mm$ 입니다. 우수한 연성(약 $10-15\%$ 의 파단 신율)과 낮은 내부 응력으로 인해 열간 압연 폴리브덴 시트는 고온 용광로에서 복잡한 형상 구성 요소의 가공에 적합합니다. 진공 또는 불활성 분위기(예: 아르곤 또는 질소)에서 폴리브덴 시트는 변형 없이 $1500^{\circ}C$ 이상의 고온을 견딜 수 있으며 고온 소결로, 단결정 성장로 및 유리 용해 장비에 널리 사용됩니다. 고온에서 폴리브덴 시트의 크리프 저항($1200^{\circ}C$ 에서 $10^{-6}/s$ 의 낮은 크리프 속도)은 장기간의 고온 부하에서 안정성을 보장합니다. 생산에서 야금 폴리브덴 시트는 주로 분말 야금 및 열간 압연 공정을 사용하며 표면을 산세하여 내식성을 향상시킬 수 있습니다. 야금 산업에서 폴리브덴 시트를 사용하면 텅스텐, 폴리브덴 및 기타 내화 금속 제련의 핵심 구성 요소로서 장비 내구성과 공정 효율성이 크게 향상되었습니다.

3.3.3 화학 산업에서 사용되는 폴리브덴 시트

화학 산업에서 폴리브덴 시트는 특히 10% 염산($20^{\circ}C$)에서 $0.01mm/년$ 미만의 부식 속도로 비산화성산(예: 염산, 황산) 및 알칼리성 환경에서 우수한 내식성으로 인해 반응기 라이닝, 전극 재료 및 내식성 부품에 널리 사용됩니다. 일반 순도 폴리브덴 시트 ($99\% -99.9\%$)는

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

비용 효율성이 높고 두께는 일반적으로 0.2-2mm 이며 표면은 청결을 보장하기 위해 대부분 산세 (Ra 0.8-1.6 마이크론)로 인해 화학 장비에 자주 사용됩니다. 폴리브덴 시트는 예를 들어 염소 또는 수소의 전기 분해와 같은 전기 화학 산업에서 전극 재료로 사용되며 높은 전도성과 화학적 안정성으로 인해 부식성 전해질에 내성이 있습니다. 그러나 폴리브덴 시트는 산화성 산(예: 진한 질산) 또는 고온 산화 분위기에서 휘발성 MoO_3 형성에 취약하며, 표면 코팅(예: 실리사이드) 또는 보호 강화를 위해 불활성 대기에서 적용해야 합니다. 생산에서 화학 폴리브덴 시트는 분말 야금 및 압연 공정을 통해 최적화되며 산소 및 질소 불순물(<100ppm)은 내식성을 향상시키기 위해 엄격하게 제어됩니다. 부식 방지 반응기 라이닝 및 파이프 지지 재료와 같은 화학 산업에서 폴리브덴 시트를 사용하면 가혹한 화학 환경에서 장비의 수명이 크게 늘어납니다.

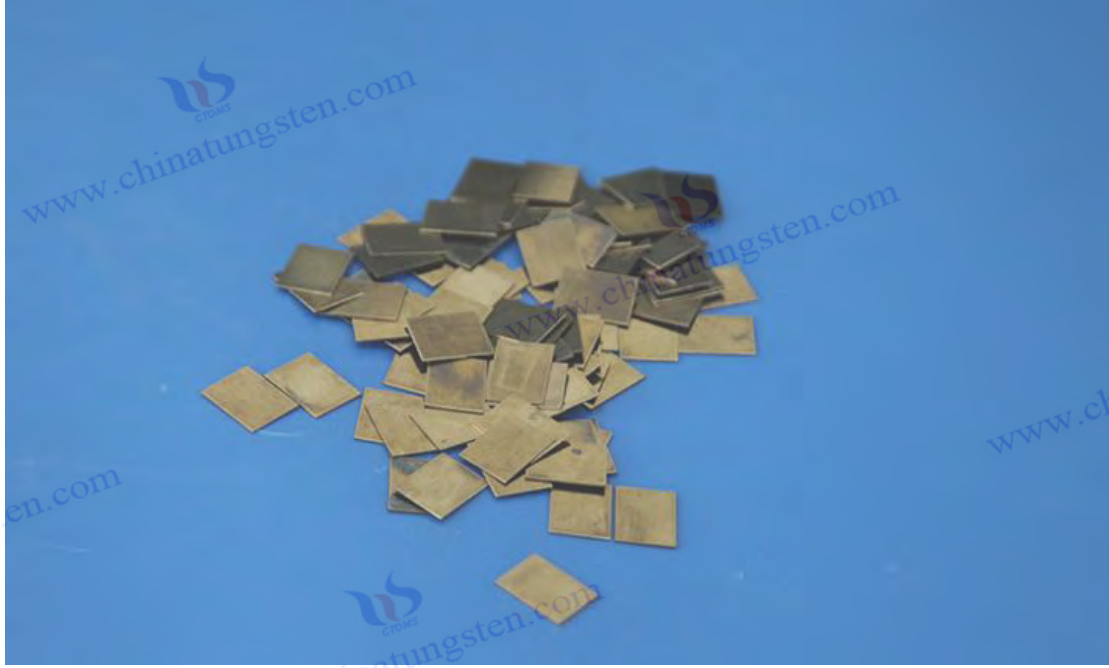
3.3.4 항공 우주 분야에서 사용되는 폴리브덴 시트

항공 우주 분야에서 폴리브덴 시트는 높은 강도(실온에서 인장 강도 800-1000 MPa), 높은 용점(2620°C) 및 낮은 열팽창 계수($4.8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$)로 인해 고온 구조 및 내열 부품에 사용됩니다. 고순도 폴리브덴 시트($\geq 99.95\%$) 또는 TZM 합금 폴리브덴 시트(티타늄 및 지르코늄 함유)는 우수한 고온 특성(1500°C 에서 최대 800MPa 의 인장 강도)과 크리프 저항(크리프 속도 10^{-6}) 때문에입니다. /s)는 로켓 노즐 라이닝, 터빈 블레이드 지지대 및 재진입 차량의 열 차폐에 일반적으로 사용됩니다. 폴리브덴 시트($10.22\text{g}/\text{cm}^3$)의 저밀도는 텅스텐($19.25\text{g}/\text{cm}^3$)보다 중량 이점이 있어 항공우주 경량화 요구 사항에 적합합니다. 냉간 압연 폴리브덴 시트는 높은 정밀도(두께 허용 오차 $\pm 0.005\text{mm}$)와 표면 품질(Ra ≤ 0.4 마이크론)로 인해 위성 열 제어 시스템과 같은 정밀 부품에 널리 사용됩니다. 항공 우주 폴리브덴 시트 생산에서는 진공 소결 및 다중 패스 압연 공정을 사용하여 입자가 작은(5-20 마이크론) 강도를 향상시키도록 합니다. 항공 우주 부문에서 폴리브덴 시트를 사용하면 로켓 엔진 및 고온 추진 시스템과 같은 극한의 고온 및 기계적 응력 하에서 구성 요소의 신뢰성이 크게 향상됩니다.

3.3.5 다른 분야에서 사용되는 폴리브덴 시트

다른 분야에서는 폴리브덴 시트가 다재다능하기 때문에 의료, 에너지 및 과학 연구 응용 분야에 사용됩니다. 의료 분야에서 고순도 폴리브덴 시트($\geq 99.95\%$)는 X 선 및 CT 장비의 양극 표적에 사용되며, 일반적으로 0.1-1mm 두께의 높은 용점과 전도성으로 인해 고에너지 전자 충격을 견딜 수 있으며 방사선 균일성을 보장하기 위해 표면을 Ra 0.4 마이크론으로 연마해야 합니다. 에너지 부문에서 폴리브덴 시트는 낮은 열 중성자 포집 단면과 높은 온도 안정성(1500°C 에서 안정적)으로 인해 태양열 박막 전지의 후면 전극 및 원자로의 방사선 차폐에 사용됩니다. 과학 연구 분야에서 폴리브덴 시트는 재료 과학 및 물리학 실험에서 고온 실험을 위한 샘플 기판 또는 전극 재료로 널리 사용되며 두께는 고정밀 실험의 요구를 충족시키기 위해 0.01mm 까지 낮을 수 있습니다. 다른 응용 분야로는 보석 가공(고온 금형) 및 조명 산업(필라멘트 지지 재료)이 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트

장 4 몰리브덴 시트 생산 및 준비 공정

4.1 몰리브덴 시트 생산 전 원료 준비

몰리브덴 시트의 생산 및 준비 과정은 고품질 원료의 획득 및 가공으로 시작되며, 이는 몰리브덴 시트의 성능을 보장하는 핵심 링크이며, 이는 품질, 미세 구조 및 최종 적용 결과에 직접적인 영향을 미칩니다. 몰리브덴 시트의 원료는 주로 몰리브덴 광석에서 파생되며, 그 중 몰리브데나이트(MoS_2)가 몰리브덴의 주요 공급원입니다. 원료 준비 공정에는 광석 채굴, 선광 및 초기 정제가 포함되어 후속 분말 야금 및 압연 공정에 고순도 몰리브덴 분말을 제공합니다. CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트는 엄격한 원료 준비 과정을 통해 원료의 고순도와 일관성을 보장하고 항공 우주, 전자 및 고온 산업의 까다로운 요구 사항을 충족합니다. 다음은 몰리브덴 광석의 종류와 특성, 채광 및 선광 방법에 대해 자세히 설명하고 몰리브데나이트의 특성과 분포, 노천 채굴의 과정과 요점에 중점을 둡니다.

4.1.1 몰리브덴 광석의 종류와 특성

몰리브덴 광석은 주로 황화물 형태의 몰리브덴 시트 생산을 위한 기본 원료이며, 몰리브데나이트(MoS_2)는 가장 일반적인 몰리브덴 광물로 전 세계 몰리브덴 자원의 주요 부분을 차지합니다. 다른 몰리브덴 광석 유형에는 몰리브덴 산염 (예 : 칼슘 몰리브덴 산염 CaMoO_4) 및 몰리브데나이트 산화물 (예 : MoO_3)이 있습니다. 그러나 매장량이 적거나 착취가 어렵기 때문에 덜 사용됩니다. 몰리브데나이트는 높은 몰리브덴 함량(약 60% 몰리브덴)과 쉬운 분리로 인해 몰리브덴 시트 생산의 주요 원료가 되었습니다. 몰리브덴 광석의 특성은 정제 과정에 직접적인 영향을 미치며 최종 몰리브덴 시트의 성능,

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

예를 들어 광석의 불순물(예: 구리, 철, 실리콘)은 몰리브덴 분말의 순도에 영향을 미치며 이는 선광 및 화학 처리로 제거해야 합니다. 또한, 경도 및 결정 구조와 같은 몰리브덴 광석의 물리적 특성도 분쇄 및 선광 효율에 영향을 미칩니다. 몰리브덴 광석은 종종 반암 구리 광석 또는 기타 황화물 광물과 관련이 있으며, 이는 고급 몰리브덴 정광을 추출하기 위해 복잡한 분류 과정이 필요합니다.

4.1.1.1 몰리브데나이트의 특성 및 분포

몰리브데나이트(MoS_2)는 모스 척도에서 1-1.5의 경도와 약 $4.7\text{-}5.0\text{g/cm}^3$ 의 밀도를 가진 은회색에서 철 광택을 가진 층상 황화물 광물입니다. 화학 성분은 주로 몰리브덴(59.94%)과 황(40.06%)이며 결정 구조는 육각형 결정 시스템이며 층간 결합력이 약하여 윤활성이 좋고 박리가 쉽습니다. 몰리브데나이트는 종종 자연에서 플레이크 또는 플레이크이며 부유선광으로 쉽게 분리할 수 있습니다. 열적으로 안정하고 공기 중에서 600°C 로 가열하면 산화를 시작하여 MoO_3 를 형성하지만 불활성 대기에서는 더 높은 온도(약 1200°C)를 견딜 수 있습니다. 몰리브데나이트의 화학적 안정성은 산 및 알칼리 공격에 강하지만 산화제(예: 질산)와 반응하기 쉽기 때문에 선광 및 정제 과정에서 환경 제어에 주의를 기울일 필요가 있습니다. 전 세계적으로 몰리브데나이트 자원의 분포는 집중되어 있으며 주요 생산 지역은 중국(주로 허난, 산시, 길림 및 기타 지역에서 세계 매장량의 약 40%를 차지함), 미국(콜로라도, 몬태나), 칠레, 캐나다 및 호주입니다. 중국 랴양시 루안완성 지역은 세계 최대의 몰리브덴 채굴 지역으로, 광석 등급은 일반적으로 0.1%에서 0.3%(몰리브덴 함량) 사이이며 고급 광석은 0.5% 이상에 이를 수 있습니다. 몰리브데나이트는 종종 구리, 납, 아연 등과 같은 황화물 광석과 관련이 있으며, 관련 원소(예: 철 및 구리)의 함량은 후속 정제를 위해 몰리브덴 분말($\geq 99.95\%$)의 순도를 보장하기 위해 선광에 의해 엄격하게 제어되어야 합니다.

4.1.2 몰리브덴 광석의 채굴 및 선광 방법

몰리브덴 광석의 채굴 및 선광은 원료 준비의 핵심 단계로, 저급 광석에서 고급 몰리브덴 정광을 추출하고 후속 야금 정제를 위한 고품질 원료를 제공하는 것을 목표로 합니다. 채굴 방법은 광상의 지질학적 조건에 따라 노천 채굴과 지하 채굴로 나뉘며, 노천 채굴은 비용이 저렴하고 효율성이 높기 때문에 지배적이며 크고 얇은 광상에 적합합니다. 선광 방법은 주로 중력 분리, 자기 분리 및 기타 보조 수단과 결합된 부유 선광 기술을 사용하여 관련 광물에서 몰리브덴 광석의 몰리브데나이트를 분리하고 $\geq 50\%$ 몰리브덴 함량의 농축물을 얻습니다. 선광 공정에서 분쇄 입자 크기(보통 -200 메쉬, 약 74 미크론), 부유 시약(예: 크산테이트, 발포제) 및 pH 값(8-10)은 몰리브데나이트의 회수율(보통 85-95%)을 향상시키기 위해 엄격하게 제어해야 합니다. 선광 후 몰리브덴 농축액은 몰리브덴 산화물(MoO_3)을 생성하기 위해 더 로스팅해야 하며, 이는 몰리브덴 분말을 준비하기 위한 후속 수소 환원의 토대를 마련합니다. 선광 효율 및 농축 순도는 몰리브덴 시트의 성능에 직접적인 영향을 미치며, 예를 들어 높은 수준의 불순물(철, 구리)은 몰리브덴 시트의 전도성 및 내식성을 감소시킬 수 있습니다.

4.1.2.1 몰리브덴 광석 노천광 채굴 공정 및 요점

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

노천광 채굴은 몰리브덴 채굴의 주요 모드로, 중국의 루안촨(Luanchuan), 미국의 클레맥스(Klemax) 광산과 같이 얇은 광석체 매장지와 매장량이 많은 매장량에 적합합니다. 이 프로세스에는 탐사, 스트리핑, 발파, 적재, 운송 및 비축이 포함됩니다. 탐사 단계에서는 지질학적 시추 및 지구물리학적 방법을 사용하여 광체의 위치, 등급(일반적으로 0.1%-0.3% 몰리브덴) 및 매장량을 결정하고 채굴 계획을 개발합니다. 스트리핑 단계는 광체를 덮고 있는 표토와 폐암을 제거하며, 스트리핑 비율(폐암 대 광석 부피 비율)은 일반적으로 3:1 에서 10:1 이므로 비용 절감을 위해 최적화해야 합니다. 블라스팅은 정밀하게 제어된 폭발물(예: 질산암모늄)을 사용하여 광석체를 분쇄하고, 발파 구멍 크기는 일반적으로 100-250mm 이며, 광석 입자 크기는 후속 파쇄를 위해 블라스팅 후 0.1-1m 로 제어됩니다. 대형 굴착기(버킷 용량 10-30 입방미터)와 덤프 트럭(50-200 톤)을 사용하여 광석을 농축기로 운반합니다. 적층 단계에서는 높은 등급과 낮은 등급의 광석이 혼합되는 것을 피하기 위해 등급에 따라 분류하고 쌓을 필요가 있습니다.

노천광 채광의 주요 내용은 다음과 같습니다: 광석 회석을 줄이고(목표 < 10%) 등급 일관성을 개선하기 위해 발파 설계를 최적화합니다. 두 번째는 전기 삽 및 대형 트럭과 같은 고효율 장비를 사용하여 생산 효율성(하루 최대 100,000 톤의 광석)을 향상시키는 것입니다. 세 번째는 환경 보호 규정에 따라 발파 분진(분무를 통한 분진 억제) 및 폐수 배출(재활용률 >80%)을 제어하는 환경 보호입니다. 노천 덩어리 몰리브덴 광석은 예비 파쇄 후 선광 공정에 들어가 몰리브덴 시트 생산을 위한 고품질 원료를 제공합니다.

4.1.2.2 몰리브덴 광석의 지하 채굴 방법

몰리브덴 시트의 생산은 고품질 몰리브덴 광석 원료에 의존하는 반면, 지하 채굴은 깊거나 복잡한 지질학적 조건에서 몰리브덴 광석(MoS_2)을 획득하는 것입니다. 광석체가 깊숙이 묻혀 있거나 표면 상태가 길쭉성의 일부 몰리브덴 광산과 같은 노천 채굴에 적합하지 않은 광상에 적합합니다. 중국 또는 캐나다. 지하 채광 과정에는 광산 건설, 도로, 발파 채광, 광석 호이스팅 및 지표 운송이 포함됩니다. 광산의 건설은 작업의 안전을 보장하기 위해 환기, 배수 및 리프팅 시스템을 갖춘 수직 또는 경사 샤프트를 통해 광석체를 개방하는 것으로 시작됩니다. 도로 굴착 터널링은 도로 헤더 또는 발파 방법을 채택하고 광석체를 따라 수평 또는 경사 도로를 놓으며 도로의 크기는 일반적으로 너비 3-5m, 높이 3-4m 입니다. 채광 단계에서는 room-and-pillar 방법 또는 충전 방법이 주로 채택되며 room-and-pillar 방식은 광석 기둥을 유지하여 지붕을 지지하며 회수율은 약 70-80%입니다. 충전 방법은 덩어리를 광미 또는 시멘트로 채우고 회수율은 90% 이상에 도달할 수 있지만 비용이 많이 듭니다. 블라스팅은 에멀전 폭발물과 같은 정밀 충전을 사용하여 광석을 0.1-0.5 미터의 입자 크기로 분해한 다음 로더와 광산 수레에 의해 표면으로 들어 올립니다.

지하 채광의 요점은 다음과 같습니다 : 첫째, 붕괴를 방지하기 위해 환기 (풍량 $\geq 3\text{m}^3 / \text{s} \cdot \text{person}$) 및 지지대 (앵커, 철망)의 엄격한 통제가 필요한 안전 관리; 두 번째는 채굴 순서를 최적화하고 고급 광체(0.2-0.5% 몰리브덴 함량)의 채굴에 우선 순위를 부여하고 회석률(목표 <15%)을 줄이는 것입니다. 세 번째는 에너지 절약 및 환경 보호로, 에너지

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

소비가 적은 장비(예: 전기 로더)와 광미 백필을 사용하여 환경에 미치는 영향을 줄입니다. 지하에서 채굴된 몰리브덴 광석은 예비 파쇄 후 선광 공정에 들어가 몰리브덴 시트 생산을 위한 안정적인 원료를 제공합니다.

4.1.2.3 몰리브덴 광석의 부유 선광 방법의 원리 및 공정

부유선광은 저급 몰리브데나이트에서 고급 몰리브덴 농축액을 추출하는 데 널리 사용되는 몰리브데나이트 선광의 핵심 방법이며, 그 원리는 몰리브데나이트의 소수성과 관련 미네랄의 친수성의 차이를 기반으로 합니다. 몰리브데나이트(MoS_2)는 표면이 자연적으로 소수성이며 수집기(예: 크산테이트 또는 메르캅탄)에 쉽게 흡착되어 기포에 부착되는 반면, 관련 미네랄(예: 석영, 장석)은 친수성이 높고 슬러리에 남아 있습니다. 부유 선광 공정은 파쇄, 연삭, 슬러링, 부유 선광 및 탈수의 5 단계로 구성됩니다. 분쇄는 10-50 mm 에 원료 광석 (입자 크기 0.1-1 m)를 분쇄하고, 더 갈리는 것은 -200 메시 (대략 74 마이크론)에 몰리브나이트 단위체 해리 정도가 80% 이상 도달하다 그래야, 광석을 갈습니다. 슬러리 컨디셔닝 단계에서 수집기(예: 부틸 크산테이트, 0.1-0.3 kg/t), 발포제(예: 테르피네올, 0.05-0.1 kg/t) 및 억제제(예: 규산나트륨, 0.5-1 kg/t)를 첨가하여 슬러리의 pH 를 8-10 으로 조정하여 부유 효과를 최적화했습니다. 부유선광은 부유선광(flotation cell)에서 발생하며, 여기서 기포(공기 또는 질소)를 교반하여 몰리브데나이트를 발포층으로 가져와 일반적으로 85-95%의 회수율로 몰리브덴 농축액(50-60% 몰리브덴 함량)을 생성합니다. 광미는 잔류 몰리브덴을 회수하기 위해 다단계 부유선광에 의해 추가로 회수됩니다. 탈수는 농축기와 필터 프레스에 의해 농축 수분을 10% 미만으로 감소시킵니다. 부유선광의 장점은 매우 효율적이고 적응력이 뛰어나며 저급 광석(0.1-0.3% 몰리브덴 함량)을 처리할 수 있지만 환경 오염을 줄이기 위해 화학 물질 및 폐수 처리(재활용물 > 80%)를 엄격하게 제어해야 한다는 것입니다. 부유선광으로 얻은 몰리브덴 농축액은 후속 로스팅 및 정제를 위한 고품질 원료를 제공합니다.

4.1.2.4 몰리브덴 광석의 중력 분리 방법의 원리 및 공정

중력 분리 방법은 몰리브데나이트(밀도 4.7-5.0g/cm³)와 관련 광물(예: 석영, 밀도 2.65g/cm³) 사이의 밀도 차이를 분리를 위한 몰리브데나이트 선광을 위한 보조 방법으로, 거친 입자의 몰리브데나이트 또는 관련 중광물의 회수에 적합합니다. 중력 분리의 원리는 중력 침강 또는 원심력을 기반으로 하며, 몰리브데나이트는 밀도가 높기 때문에 중력 분리 장비에서 빠르게 침전되는 반면 가벼운 맥석 광물은 씻겨 나갑니다. 중력 분리 공정에는 분쇄, 연삭, 분류, 중력 분리 및 탈수가 포함됩니다. 원료 광석은 먼저 50-100mm 로 분쇄되고 0.5-2mm 로 분쇄되어 몰리브나이트 입자를 방출합니다. 등급 지정은 나선형 분류기 또는 하이드로 사이클론을 사용하여 슬러리를 굵은 입자와 미세한 입자로 나누고 거친 입자 (>0.5mm)는 중력 분리 장비로 들어갑니다. 지그 또는 셰이커는 일반적으로 중력 분리에 사용되며, 지그 기계는 맥동하는 물의 흐름을 통해 밀도에 따라 광석 입자를 층화하고 몰리브데나이트는 바닥층으로 가라앉아 거친 농축액(몰리브덴 함량 20-40%)을 생성합니다. 셰이커는 측면 물의 흐름과 진동을 활용하여 70-85%의 회수율을 달성합니다. 미세한 슬러리(<0.5mm)는 일반적으로 부유 선광 공정으로 전달됩니다. 탈수는 중력 분리, 농축 수분을 10% 미만으로 감소시킵니다. 중력 분리의 장점은 장비가 간단하고 비용이

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

저렴하며 고급 굵은 광석(몰리브덴 함량 $>0.3\%$)을 가공하는 데 적합하지만 미립자 광석에는 효율이 떨어지고 부유선광과 함께 사용하는 경우가 많다는 것입니다. 중력 분리 농축액은 몰리브덴 시트 생산을 위한 고품질 원료를 제공하기 위해 추가 부유 및 정제가 필요합니다.

4.1.2.5 몰리브덴 광석의 자기 분리의 원리와 과정

자기 분리는 몰리브덴 광석 선광의 보조 수단으로, 몰리브데나이트에서 자성 불순물(예: 자철광, Fe_3O_4) 또는 관련 자성 광물을 제거하고 몰리브덴 정광의 순도를 향상시키는 데 사용됩니다. 자기 분리의 원리는 광물의 자기 차이를 기반으로 하며, 몰리브데나이트는 비자성 물질(자기 감수성 $< 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{g}$)인 반면 자철광은 강한 자성(자화율 $10^2\text{-}10^3 \text{ cm}^3/\text{g}$)을 가지고 있어 자기장에 쉽게 흡착됩니다. 자기 분리 공정에는 분쇄, 연삭, 자기 분리 및 탈수가 포함됩니다. 원료 광석은 50-100mm 로 분쇄되고 -200 메쉬 (약 74 마이크론)로 분쇄되어 몰리브데나이트에서 자기 불순물을 해리합니다. 자기 분리는 습식 자기 분리를 채택하고 자기장 강도는 일반적으로 0.1-0.6 T 이며 자기 불순물은 자기 드럼에 흡착되며 비자성 몰리브데나이트는 슬러리와 함께 흘러 나와 사전 농축액(몰리브덴 함량 10-30%)을 생성합니다. 자기 분리 후 슬러리는 일반적으로 추가 정제를 위해 부유 공정에 들어갑니다. 탈수는 농축기와 필터 프레스에 의해 농축 수분을 10% 미만으로 감소시킵니다. 자기 분리의 장점은 강자성 불순물(예: 철 함량이 1%에서 0.1% 미만까지)을 효과적으로 제거하고 몰리브덴 농축액의 품질을 향상시킬 수 있다는 것이지만 비자성 불순물(예: 석영)에는 효과가 없으며 다른 선광 방법과 함께 사용해야 합니다. 자기장이 안정적인지 확인하기 위해 자기 분리 장비를 정기적으로 유지 관리해야 하며 환경 보호 요구 사항을 충족하기 위해 폐수 재활용률이 80% 이상에 도달해야 합니다. 자기 분리에 의해 전처리된 몰리브덴 농축액은 후속 정제 및 몰리브덴 시트 생산을 위한 저불순물 공급 원료를 제공합니다.

4.1.3 몰리브덴 정광의 정제 및 변환

몰리브덴 정광의 정제 및 전환은 선광에 의해 얻어진 몰리브덴 농축액(주로 몰리브데나이트, MoS_2)을 고순도 몰리브덴 화합물 또는 금속 몰리브덴 분말로 변환하는 핵심 단계이며, 이는 몰리브덴 시트의 후속 생산을 위한 고품질 원료를 제공합니다. 정제 공정은 주로 습식 제련(예: 암모니아 침출 또는 산 침출)과 결합된 산화 로스팅을 통해 황 및 철과 같은 불순물을 제거하여 고순도 몰리브덴 산화물(MoO_3) 또는 몰리브덴 암모늄 몰리브덴($(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$)을 얻고, 최종적으로 환원에 의해 몰리브덴 분말을 제조합니다. 정제 공정의 선택은 몰리브덴 분말의 순도(고순도 몰리브덴 시트에 대한 수요를 충족하려면 $99.95\% \geq$ 가 필요함), 입자 크기 분포 및 생산 비용에 직접적인 영향을 미칩니다. CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트는 첨단 정제 기술을 통해 원료의 고순도와 일관성을 보장하고 전자 및 항공 우주와 같은 고급 응용 분야의 요구를 충족합니다. 다음은 산화 로스팅 - 암모니아 침출 방법, 산화 로스팅 - 산 침출 정제 공정 및 몰리브덴 농축액의 몰리브덴 분말의 제조 공정에 대해 자세히 설명합니다.

4.1.3.1 몰리브덴 정광의 산화 볶음-암모니아 침출 정제 공정

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

산화 로스팅 암모니아 침출은 고순도 몰리브덴 화합물의 생산에 적합하고 고순도 몰리브덴 시트 원료의 제조에 널리 사용되는 몰리브덴 농축액을 정제하는 주류 공정입니다. 원리는 몰리브데나이트(MoS_2)가 고온 로스팅에 의해 몰리브덴 산화물(MoO_3)로 산화된 다음 암모니아와 함께 용해되어 용해성 몰리브덴 암모늄 월산염을 생성한 다음 결정화에 의해 정제된다는 것입니다. 이 공정은 로스팅, 암모니아 침출, 여과, 결정화 및 건조의 5 단계로 구성됩니다. 로스팅 단계는 $550\text{-}650^\circ\text{C}$ 로 제어된 온도의 로터리 킬른 또는 멀티 챔버 용광로에서 수행되며, 공기를 주입하여 MoS_2 를 MoO_3 로 산화시키는 동시에 황을 SO_2 로 전환(환경 기준을 충족하기 위해 오프 가스 처리가 필요하며 SO_2 의 회수율은 $>95\%$). 로스팅 후 몰리브덴 농축액(몰리브덴 함량 50-60%)은 조잡한 몰리브덴 산화물(몰리브덴 함량 $>95\%$)로 전환되고 철, 구리와 같은 불순물은 부분적으로 휘발되거나 산화됩니다. 암모니아 침출 단계에서 조잡한 몰리브덴 산화물을 $50\text{-}70^\circ\text{C}$ 및 pH 8-9 에서 암모니아 물 (농도 10-15 %)과 반응시켜 몰리브덴산 암모늄 용액을 생성하고, 철, 규소와 같은 불용성 불순물을 여과하여 분리한다. 여과된 몰리브덴산암모늄 용액은 증발에 의해 결정화되어 고순도 몰리브덴산암모늄 결정(순도 $\geq 99.5\%$)을 얻고, 최종적으로 $120\text{-}150^\circ\text{C}$ 에서 건조됩니다. 암모니아 침출 방법의 장점은 정제 효율이 높고 불순물 함량(철 및 구리 등)의 함량을 50ppm 미만으로 줄일 수 있어 고순도 몰리브덴 시트 원료 생산에 적합하다는 것입니다. 그러나 암모니아 물을 사용하려면 환경 오염을 줄이기 위해 폐액 처리(암모니아 회수율 $>90\%$)의 엄격한 제어가 필요합니다. 이 공정에서 생산된 몰리브덴산 암모늄은 몰리브덴 분말의 후속 제조를 위한 고순도 원료를 제공합니다.

4.1.3.2 몰리브덴 정광의 산화적 복음-산성 침출 정제 공정

산화적 로스팅 산 침출은 일반적으로 사용되는 또 다른 몰리브덴 농축 정제 공정으로, 특히 구리 및 납과 같은 관련 금속이 많을 때 복합 불순물을 포함하는 몰리브덴 농축액 가공에 적합합니다. 원리는 로스팅에 의해 몰리브데나이트를 몰리브덴 산화물(MoO_3)로 산화시킨 다음 산성 용액으로 불순물을 용해시켜 고순도 몰리브덴 산화물을 유지하는 것입니다. 이 과정에는 로스팅, 산세, 여과, 세척 및 건조가 포함됩니다. 로스팅 단계는 $550\text{-}650^\circ\text{C}$ 의 공기 분위기에서 수행되는 암모니아 침출 방법과 유사하며, 몰리브데나이트는 MoO_3 로 산화되고 황은 SO_2 로 전환됩니다(고효율 배기 가스 흡수 장치가 필요하며 SO_2 제거율은 $>95\%$). 산 침출 단계에서 조잡한 몰리브덴 산화물은 $60\text{-}80^\circ\text{C}$ 에서 묽은 염산 (농도 5-10 %) 또는 황산과 반응하여 철, 구리 및 칼슘과 같은 불순물을 용해시키는 반면, MoO_3 는 묽은 산에 불용성이기 때문에 유지됩니다. 불순물 용액을 여과하고 분리한 후, 불순물 함량(예: 철, 구리)이 100ppm 미만으로 감소되도록 하기 위해 탈이온수로 산화몰리브덴 고체를 여러 번 세척합니다. 세척 된 몰리브덴 산화물을 $150\text{-}200^\circ\text{C}$ 에서 건조하여 고순도 몰리브덴 산화물 (순도 $\geq 99.5\%$)을 얻는다.

산 침출 방법의 장점은 다양한 금속 불순물을 효과적으로 제거할 수 있고 공정 적응성이 강하여 저급 또는 복합 광석의 처리에 적합하지만 산성 폐액 처리 비용이 높다는 것입니다(방전 전에 pH 6-8 로 중화해야 함). 암모니아 침출 방법에 비해 산 침출 방법은 작동이 더 간단하지만 순도가 약간 낮고 일반 순도 몰리브덴 시트 (99 % -99.9 %)의 원료

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

생산에 적합합니다. 얻어진 산화 몰리브덴은 몰리브덴 분말의 후속 제조에 대한 신뢰할 수 있는 기초를 제공합니다.

4.1.3.3 몰리브덴 농축액 추출물로부터 몰리브덴 분말의 제조

몰리브덴 농축액 추출물 (몰리브덴 산화물 또는 몰리브덴 암모늄 몰리브덴 데이트)은 수소 환원 공정을 통해 고순도 몰리브덴 분말로 전환되어 몰리브덴 시트 생산을 위한 최종 원료를 제공합니다. 원리는 수소를 사용하여 고온에서 MoO_3 또는 $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ 를 금속 몰리브덴으로 환원시키는 동시에 산소 및 잔류 불순물을 제거하는 것입니다. 이 프로세스에는 감소, 스크리닝 및 품질 관리가 포함됩니다. 환원 단계는 관상로 또는 회전로에서 이루어지며 두 단계로 수행됩니다: 첫 번째 단계는 수소 가스 흐름(순도 99.99% 및 유속 1-2m³/h)에서 400-600°C 에서 MoO_3 또는 몰리브덴산암모늄을 MoO_2 로 환원합니다. , 동시에 수증기와 암모니아를 방출합니다 (테일 가스 처리되어야 함). 두 번째 단계는 900-1100 °C 에서 금속 몰리브덴 분말로 더욱 감소되고 입자 크기는 일반적으로 1-10 마이크론이며 순도는 99.95 % 이상에 도달 할 수 있습니다.

환원 과정에서 용광로의 수소 순도와 대기는 산소 잔류물로 인한 산화(산소 함량 50ppm< 피하기 위해 엄격하게 제어되어야 합니다. 스크리닝 단계에서 진동 스크린(100-200 메쉬)을 사용하여 큰 입자 또는 응집체를 제거하여 몰리브덴 분말의 입자 크기가 균일한지 확인합니다(D50 의 경우 약 2-5 마이크론). 품질 관리는 ICP-MS 의 불순물(예: 철, 구리<20ppm) 및 X 선 회절을 검출하여 결정 구조(신체 중심 큐브)를 확인하여 수행됩니다. 몰리브덴 분말의 특성은 몰리브덴 시트의 품질에 직접적인 영향을 미치며, 예를 들어, 미세하고 균일 한 입자 크기는 소결 밀도 (>98 %)에 도움이되며 고순도는 전도성 및 내식성을 보장합니다. 제조된 몰리브덴 분말은 분말 야금 및 압연을 통해 몰리브덴 시트로 추가 가공되어 항공 우주, 전자 및 기타 분야의 요구를 충족시킵니다.

4.2 몰리브덴 시트의 성형 공정

몰리브덴 시트의 성형 공정은 고순도 몰리브덴 분말 또는 몰리브덴 블랭크에서 특정 두께, 크기 및 특성을 가진 시트 재료로 변형시키는 핵심 단계이며, 이는 몰리브덴 시트의 기계적 특성, 표면 품질 및 적용 적응성을 직접 결정합니다. 성형 공정에는 주로 분말 야금과 압연 공정이 포함되며, 압연 공정은 열간 압연과 냉간 압연의 두 가지 방법으로 더 나뉩니다. 이러한 공정은 온도, 변형 및 환경 조건을 정밀하게 제어하여 몰리브덴 시트의 입자 구조, 강도 및 연성을 최적화하여 전자, 항공 우주 및 고온 산업과 같은 산업의 요구 사항을 충족합니다. CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트는 제품의 높은 정밀도와 일관성을 보장하기 위해 고급 성형 기술을 통해 만들어집니다. 다음은 몰리브덴 시트 제조, 열간 압연 공정에 의한 몰리브덴 시트 준비 및 냉간 압연 공정에 의한 몰리브덴 시트 준비를 위한 분말 야금의 공정 특성, 성능 영향 및 응용 이점에 대해 자세히 설명합니다.

4.2.1 분말 야금에 의한 몰리브덴 시트의 제조

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

분말 야금은 몰리브덴 시트의 고순도 및 균질 구조의 준비, 특히 초박형 몰리브덴 시트(두께 0.01-0.1 mm) 또는 복잡한 형상 구성 요소의 생산에 적합한 몰리브덴 시트 생산을 위한 기본 성형 공정입니다. 이 공정에는 몰리브덴 분말 압착, 소결 및 후속 가공이 포함됩니다. 고순도 몰리브덴 분말(순도 $\geq 99.95\%$, 입자 크기 1-10 미크론)을 냉간 등압 프레스(압력 100-200 MPa)에 의해 블랭크로 압착하고 블랭크의 모양은 요구 사항(예: 플레이트 또는 막대)에 따라 사용자 정의할 수 있습니다. 프레스 블랭크는 진공 또는 수소 보호 분위기에서 소결되고 온도는 1800-2000 °C 에서 제어되며 소결 시간은 2-6 시간이므로 몰리브덴 분말 입자가 확산에 의해 결합되어 조밀 한 녹색체를 형성하고 밀도는 98 % 이상입니다. 소결 공정 중, 입자 크기는 강도와 인성의 균형을 맞추기 위해 10-50 미크론으로 제어됩니다. 소결 빌렛의 인장 강도는 약 500-700 MPa 이며 밀도는 이론 값(10.22 g/cm³)에 가깝습니다. 시트의 추가 준비를 위해, 소결 된 빌렛을 압연 또는 단조하고, 표면을 Ra 0.8-1.6 미크론의 거칠기로 산세 또는 연마한다. 분말 야금의 장점은 불순물 함량이 낮고 (철, 구리< 20ppm 고순도 및 균일 한 구조의 몰리브덴 시트를 생산할 수 있다는 것입니다., 이는 반도체 타겟 및 고온로 부품에 적합합니다. 그러나 이 공정은 복잡하고 비용이 많이 들기 때문에 전자 산업의 스퍼터링 타겟 또는 원자력 산업의 방사선 차폐와 같은 고정밀 응용 분야에 적합합니다.

4.2.2 압연 공정에 의한 몰리브덴 시트의 제조

압연 공정은 몰리브덴 시트 생산에서 가장 일반적으로 사용되는 성형 방법으로, 소결 된 몰리브덴 빌렛을 원하는 두께로 점진적으로 얇게하면서 기계적 특성과 표면 품질을 향상시킵니다. 압연은 열간 압연과 냉간 압연의 두 가지 방법으로 나뉘며, 이는 두께와 성능 요구 사항이 다른 몰리브덴 시트에 적합합니다. 압연 공정은 진공 또는 불활성 분위기(예: 아르곤)에서 수행되어 고온에서 산화를 방지하고 몰리브덴 시트 표면에 휘발성 MoO₃가 형성되지 않도록 합니다. 압연 공정 중에 변형의 양, 압연 온도 및 어닐링 공정은 몰리브덴 시트의 입자 크기, 강도 및 연성에 직접적인 영향을 미칩니다. 열간 압연은 두꺼운 몰리브덴 시트(0.5-3mm) 생산에 적합하고 냉간 압연은 초박형 몰리브덴 시트(0.01-0.1mm)에 사용됩니다. 압연 몰리브덴 시트의 인장 강도는 800-1200 MPa 에 도달 할 수 있으며 연마에 의해 표면 거칠기는 Ra 0.4 미크론만큼 낮을 수 있으며 이는 전자, 항공 우주 및 기타 분야의 정밀 요구 사항을 충족합니다.

4.2.2.1 열간 압연 공정에 의한 몰리브덴 시트의 제조

열간 압연 공정은 몰리브덴 빌렛을 고온(1000-1400°C)에서 여러 번 압연하여 0.5-3mm 두께의 몰리브덴 시트를 준비하며, 이는 고온 용광로 구성 요소 및 항공 우주 구조 부품에 적합합니다. 몰리브덴 빌렛 (일반적으로 분말 야금으로 준비)은 균열을 방지하기 위해 롤 당 20-30 %의 제어 된 변형으로 진공 또는 불활성 가스 차폐 열간 압연기에서 처리됩니다. 열간 압연 과정에서 몰리브덴 입자는 동적 재결정화를 거치고 입자 크기가 더 크므로(50-100 미크론) 몰리브덴 시트에 우수한 연성(파단 신율 10-15%)과 낮은 내부 응력을 제공합니다. 열간 압연 몰리브덴 시트의 인장 강도는 실온에서 약 600-800 MPa 이며 고온 (1200 °C)에서 여전히 500 MPa 에 도달 할 수 있으며 이는 고온 환경에 적합합니다. 표면 거칠기는 일반적으로 Ra 1.0-2.0 미크론이며 산세 또는 샌드

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

블라스팅으로 최적화 할 수 있습니다. 열간 압연 공정의 장점은 생산 효율이 높고 대량 생산에 적합하며 분말 야금 방식보다 비용이 저렴하지만 두께 허용 오차($\pm 0.05\text{mm}$)가 냉간 압연보다 약간 열등하다는 것입니다. 열간 압연 폴리브덴 시트는 고온로의 발열체, 화학 장비의 내식성 라이닝 및 항공 우주의 고온 지지 구조물에 널리 사용되며 고온 강도와 크리프 저항(크리프 속도 10^{-6}s)으로 장기적인 안정성을 보장합니다.

4.2.2.2 냉간 압연 공정에 의한 폴리브덴 시트 제조

냉간 압연 공정은 열간 압연 폴리브덴 시트 또는 실온 근처에서 소결 폴리브덴 블랭크를 추가 압연하여 고정밀 전자 및 마이크로 전자 응용 분야에 적합한 $0.01\text{-}1\text{mm}$ 두께의 초박형 폴리브덴 시트를 생산하는 것입니다. 냉간 압연은 고정밀 4 단 또는 멀티 롤 밀을 사용하며 가공 경화로 인한 균열을 방지하기 위해 매번 변형량을 $10\text{-}20\%$ 로 제어합니다. 냉간 압연 폴리브덴 시트는 입자 크기가 작고($5\text{-}20$ 미크론), 전위 밀도가 높으며 인장 강도가 최대 $900\text{-}1200\text{MPa}$ 이지만 연성이 낮음(파단 신율 $5\text{-}8\%$)이 낮습니다. 인성을 향상시키기 위해 냉간 압연 후 응력 제거 어닐링 ($800\text{-}1100^\circ\text{C}$)을 수행하여 파단 신율이 $10\text{-}12\%$ 로 증가하고 강도가 $800\text{-}1000\text{MPa}$ 로 약간 감소합니다. 냉간 압연 폴리브덴 시트의 표면 품질이 우수하고 연마 후 거칠기가 $Ra\ 0.4$ 미크론에 도달 할 수 있으며 두께 허용 오차는 $\pm 0.005\text{mm}$ 로 제어되어 반도체 타겟 및 유연한 기관의 요구를 충족시킵니다. 냉간 압연 공정은 고정밀 응용 분야를 위한 초박형, 고강도 폴리브덴 시트를 생산하는 장점이 있지만 표면 결함을 방지하기 위해 높은 장비 요구 사항과 윤활제(일반적으로 오일 기반 윤활)의 엄격한 제어가 필요합니다. 냉간 압연 폴리브덴 시트는 박막 증착, 반도체 패키징 및 X 선관 양극과 같은 의료 기기에 널리 사용되며 높은 강도와 우수한 표면 품질로 장치 성능을 크게 향상시킵니다.

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	$\pm 0.005\text{ mm} - \pm 0.2\text{ mm}$
Surface Roughness	Ra $0.8\text{ }\mu\text{m} - \text{Ra } 3.2\text{ }\mu\text{m}$

4. Production Process

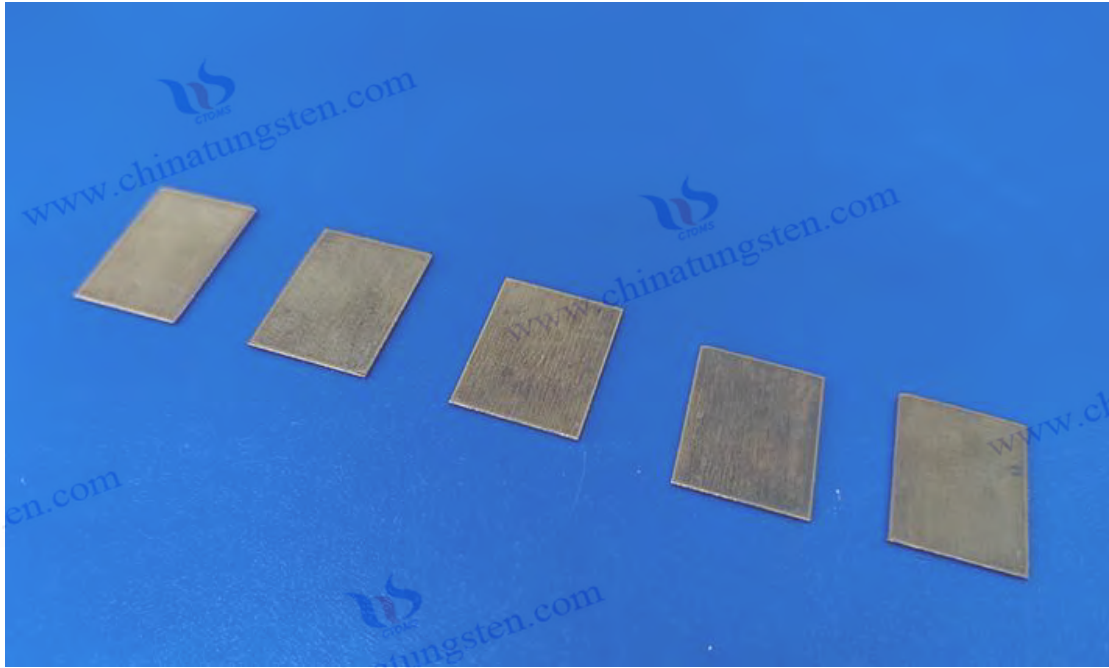
Molybdenum Ingot (Raw Material) → Inspection → Hot Rolling → Leveling & Annealing → Alkali Cleaning → Inspection → Warm Rolling → Vacuum Annealing → Inspection → Cold Rolling → Leveling → Shearing → Vacuum Annealing → Inspection → Packaging

5. Purchasing Information

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

Website: molybdenum.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트

장 5: 몰리브덴 시트의 생산 및 성능 테스트 장비

5.1 몰리브덴 광석용 채굴 장비

몰리브덴 광석의 채굴은 몰리브덴 시트 생산의 첫 번째 단계이며 장비 선택은 원자재 확보의 효율성과 비용에 직접적인 영향을 미칩니다. 광상의 지질학적 조건에 따라 광산 장비는 노천 채굴 장비와 지하 채굴 장비로 나뉘며 이는 얇은 대규모 광상과 깊은 복합 광상에 적합합니다. CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트는 몰리브데나이트(MoS_2) 원료의 고품질과 안정적인 공급을 보장하기 위해 효율적인 채굴 장비에 의존합니다. 다음은 노천광 및 지하 광산 장비의 유형, 기능 및 적용 지점에 대한 자세한 설명입니다.

5.1.1 몰리브덴 광석용 노천광 채굴 장비

노천 채굴 장비는 중국 뤄양의 루안촨(Luanchuan) 또는 미국의 클레맥스(Klemax)와 같이 얇게 문힌 몰리브데나이트 광상을 처리하는 데 사용되며 주로 시추 장비, 발파 장비, 굴착기, 덤프 트럭 및 로더를 포함합니다. 시추 장비(예: 로터리 또는 다운 홀 시추 장비)는 일반적으로 구멍 직경이 100-250mm 이고 침투율이 최대 20-50m/h 인 사전 블라스팅 드릴링에 사용되며 블라스팅 레이아웃을 최적화하기 위한 고정밀 GPS 포지셔닝 시스템이 장착되어 있습니다. 발파 장비는 질산 암모늄 또는 에멀전 폭발물을 사용하며 발파는 전자 기폭 장치에 의해 정밀하게 제어되어 광석을 0.1-1 미터의 입자 크기로 분쇄하여 회석 속도 (목표 < 10 %)를 줄입니다. 굴착기(예: 전기 삽 또는 유압식 굴삭기, 10-30m³ 용량)는 5,000-10,000t/h 의 생산 능력으로 폐암을 벗겨내고 광석을 추출하는 일을 담당합니다. 덤프 트럭(50-200 톤, 예: Caterpillar 797F)은 광석을 농축기로 운송하는 데 사용되며 운송 효율성을 개선하기 위해 자동 내비게이션 시스템이 장착되어 있습니다.

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

로더(예: 버킷 용량이 5-15 입방미터인 휠 로더)는 광석 및 폐암을 쌓고 옮기는 데 사용됩니다. 주요 내용은 다음과 같습니다: 물리브 데나이트 정도에 대처하기 위한 높은 내마모성 (모스 스케일에서 1-1.5), 스트리핑 비율 (3 : 1 에서 10 : 1)을 줄이기 위한 발과 밧 굴착; 분무 분진 억제(분진 농도 < 10mg/m³) 및 폐수 재활용(> 80%)과 같은 환경 조치가 엄격하게 시행됩니다. 이러한 시설의 효율적인 시너지 효과로 인해 노천광 채굴은 고급 물리브텐 광석(0.1-0.5% 물리브텐)을 제공할 수 있습니다.

5.1.2 물리브텐 광석용 지하 채굴 장비

지하 광산 장비는 주로 로드헤더, 착암기, 로더, 광산 트럭 및 호이스팅 시스템을 포함하여 중국 길림성 또는 캐나다 일부 지역과 같은 깊거나 복잡한 지질학적 조건의 물리브데나이트 광상에 적합합니다. TBM(예: 전체 구간 TBM 또는 앵커 굴착기)은 약 5-10m/일의 속도로 터널을 굴착하는 데 사용되며 도로 정확도(편차 5cm< 보장하기 위해 레이저 내비게이션이 장착되어 있습니다. 착암기(예: 유압 드릴 장비)는 구멍 직경이 50-100mm 이고 드릴링 효율이 10-20m/h 인 블라스팅 및 드릴링에 사용되며 롬 앤 필러 또는 채우기 및 채우기 채움에 적합합니다. 로더(예: 스크레이퍼, 버킷 용량 2-5m³)는 파쇄된 광석(0.1-0.5m 입자 크기)을 적재하는 역할을 하며 미끄러운 도로를 수용할 수 있도록 스노우 체인이 장착되어 있습니다. 광산 수레(10-30 톤)는 트랙 또는 트랙리스 시스템(예: 윈치 또는 윈치, 500-2000kW)을 통해 광석을 호이스팅 샤프트로 운반하며, 이는 하루 1000-5000 톤의 효율로 광석을 표면으로 들어 올립니다. 주요 요점은 다음과 같습니다: 장비는 좁은 통로(너비 3-5m, 높이 3-4m)에 맞을 만큼 충분히 컴팩트해야 합니다. 작동 안전을 보장하기 위한 환기 시스템(풍량 ≥ 3m³/s·인); 원격으로 작동되는 착암기와 같은 자동 제어는 효율성을 높이고 노동 위험을 줄입니다. 지하 광산 장비는 높은 마모에 대처하고 광석 회수(70-90%) 및 등급 일관성을 보장하며 물리브텐 시트 생산을 위한 안정적인 공급 원료를 제공하기 위해 정기적인 유지 보수가 필요합니다.

5.2 물리브텐 광석의 광물 가공 장비

선광 장비는 저급 물리브텐 광석(0.1-0.3% 물리브텐 함량)을 고급 물리브텐 농축액(50-60% 물리브텐 함량)으로 처리하는 데 사용되며, 이는 물리브텐 시트 생산을 위한 원료 준비의 핵심 링크입니다. 광물 처리 장비에는 파쇄 장비, 연삭 장비, 분류 장비 및 부유 선광 장비가 포함되며, 이는 물리적 및 화학적 방법으로 관련 광물(예: 석영 및 자철광)에서 물리브데나이트를 분리합니다. 다음은 이러한 장치의 기능, 성능 및 주요 작동 포인트에 대한 자세한 분석입니다.

5.2.1 물리브텐 광석의 파쇄 장비

분쇄 공장은 광광을 위해 원료 광석(0.1-1m)을 적절한 입자 크기(10-50mm)로 분쇄하는 데 사용되어 후속 연삭 및 부유선광을 위한 기반을 마련합니다. 주요 장비에는 조 크러셔, 콘 크러셔 및 임팩트 크러셔가 포함됩니다. 조 크러셔(예: PE 시리즈, 출력 75-200kW)는 100-1000t/h 의 처리 용량으로 1 차 파쇄에 사용되며 광석을 50-150mm 로 파쇄하여 고경도 물리브데나이트에 적합합니다. 콘 크러셔(예: HP 시리즈, 200-500kW)는 입자 크기가 10-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

50mm 이고 파쇄 비율이 최대 4:1 인 2 차 파쇄에 사용되며 균일한 입자 크기를 보장하기 위해 유압 조정 시스템이 장착되어 있습니다. 임팩트 크러셔는 미세 파쇄에 사용되며 맥석 함량이 큰 광석에 적합하며 5-20mm 의 입자 크기를 생성합니다. 주요 내용은 다음과 같습니다: 장비에는 물리브덴의 마모 특성에 대처하기 위해 내마모성 라이너(예: 고망간강)가 장착되어야 합니다. 진동 스크린(스크린 구멍 10-50mm)은 입자 크기가 요구 사항을 충족하는지 확인하기 위해 분쇄기와 함께 사용됩니다. 먼지 제어(스프레이 또는 백 제거, 먼지 농도<10mg/m³)는 환경 표준을 충족합니다. 파쇄 공장의 효율적인 운영은 광석이 완전히 해리되도록 하고 선광을 위한 고품질 투입을 제공합니다.

5.2.2 물리브덴 광석용 분쇄 장비

분쇄 장비는 분쇄된 광석을 -200 메쉬(약 74 마이크론)로 더욱 정제하여 물리브데나이트 단량체의 해리 정도가 80% 이상에 도달하도록 하여 부유 요구 사항을 충족합니다. 주요 장비는 공 선반과 막대 선반입니다. 볼 밀 (예 : MQG 시리즈, 200-1000 kW)은 50-500 t/h 의 용량과 70-80 % -200 메쉬의 연삭 미세도로 스틸 볼 (직경 20-100 mm)과 광석 충돌을 통해 분쇄되며 공급 속도와 속도 (20-30 rpm)를 최적화하는 자동 제어 시스템이 장착되어 있습니다. 로드 밀은 거친 연삭 또는 점토 함유 광석에 사용되며 강철 막대(길이 2-3m)는 과간 연삭을 위해 감소하고 0.5-2mm 의 입자 크기를 생성합니다. 요점은 다음과 같습니다 : 효율 (0.5-1 kg / t 의 볼 소비)을 유지하기 위해 연삭 매체를 정기적으로 변경해야 합니다. 습식 분쇄(물 대 광석 비율 1:1-2:1)는 먼지를 줄이고 해리를 개선합니다. 폐쇄 회로 분쇄는 균일한 입자 크기 분포(D50, 약 50-100 마이크론)를 보장하기 위해 분류기와 결합됩니다. 연삭 장비의 높은 효율은 부유 회복률(85-95%)에 직접적인 영향을 미칩니다.

5.2.3 물리브덴 광석의 등급 평가 장비

분급기는 입자 크기에 따라 분쇄 슬러리를 분리하고 부유 선광 효율을 최적화하는 데 사용되며, 일반적으로 사용되는 장비로는 나선형 분류기 및 하이드로사이클론이 있습니다. 나선형 분류기(예: FG 시리즈, 출력 5-15kW)는 20-200t/h 의 용량과 70-85%의 등급 효율로 굵>은(<0.15mm)과 미세(0.15mm)를 나선형 블레이드로 분리합니다.

하이드로 사이클론 (예 : FX 시리즈, 입구 압력 0.1-0.3 MPa)은 원심력을 사용하여 높은 분류 정확도 (오류 < 5 %)와 10-100 m³ / h 의 용량으로 미세 입자 슬러리 (<0.1 mm)를 분류합니다. 주요 내용은 다음과 같습니다: 분류기는 밀과 폐쇄 회로 사이클을 가져야 하며 과연삭을 줄이기 위해 회수율(100-300%)을 최적화해야 합니다. 향상된 내마모성을 위한 장비 라이닝(예: 폴리우레탄); 폐수 재활용률> 80%로 물 소비를 줄입니다. 등급 장비는 물리브데나이트의 입자 크기가 부유선광에 적합하고 농축 등급을 향상시키도록 합니다.

5.2.4 물리브덴 광석의 부유 장비

부유 능력은 물리브데나이트의 소수성 분리를 사용하여 물리브덴 농축액을 분리하고 핵심 장비는 부양 기계입니다. 기계적 교반 부유 셀(예: SF 또는 XCF 시리즈, 출력 15-100kW)은

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

임펠러(속도 200-400rpm)를 통해 기포(공기 또는 질소, 유량 1-2m³/min)를 생성하고, 이에 폴리브데나이트가 기포에 부착되어 폼 층을 형성하여 폴리브덴 농축액(50-60% 폴리브덴 함량)을 생성합니다. 부유 셀의 부피는 4-20m³이며 자동 투여 시스템(크산테이트 0.1-0.3kg/t, 테르피네올 0.05-0.1kg/t) 및 8-10 의 pH 제어 장치가 장착되어 있습니다. 핵심 포인트는 다음과 같습니다 : 부유 선광 셀은 85-95 %의 회수율로 거친 분리, 선택 및 스위칭을 위해 여러 개의 탱크 (6-12 탱크)가 필요합니다. 기포 크기(0.5-2mm) 및 슬러리 농도(20-30%)를 정밀하게 제어해야 합니다. 광미 및 폐수는 환경 기준을 충족하기 위해 처리해야 합니다(재활용률 > 80%). 부유 선광 장비의 효율적인 작동은 폴리브덴 정광의 고급 및 낮은 불순물을 보장하여 폴리브덴 시트 생산을 위한 고품질 원료를 제공합니다.

5.3 폴리브덴 시트용 성형 장비

폴리브덴 시트의 성형 장비는 고순도 폴리브덴 분말 또는 폴리브덴 블랭크에서 얇은 시트 재료로 가공하는 핵심 도구이며, 이는 폴리브덴 시트의 두께 정확도, 표면 품질 및 기계적 특성에 직접적인 영향을 미칩니다. 성형 장비에는 주로 분말 야금 장비와 압연 장비가 포함되며, 그 중 분말 야금 장비는 폴리브덴 시트 생산의 기본 연결 고리인 고순도 및 균일한 구조의 폴리브덴 빌렛을 준비하는 데 사용됩니다. 고급 성형 장비에 의존하는 CTIA GROUP LTD 폴리브덴 시트는 제품의 높은 정밀도와 일관성을 보장하고 전자, 항공 우주 및 고온 산업의 요구를 충족합니다. 다음은 분말 야금 장비에서 분말 압착 장비 및 소결 장비의 기능, 성능 및 작동 지점에 대한 자세한 설명입니다.

5.3.1 폴리브덴 시트용 분말 야금 장비

분말 야금 장비는 고순도 폴리브덴 분말(순도 $\geq 99.95\%$, 입자 크기 1-10 미크론)을 조밀한 폴리브덴 빌렛으로 처리하는 데 사용되며, 이는 폴리브덴 시트의 후속 압연 또는 직접 형성의 기초를 제공합니다. 분말 야금 공정은 냉간 등압 프레스, 유압 프레스 및 진공 소결로와 같은 장비를 포함하는 분말 압착 및 소결의 두 가지 주요 단계로 구성됩니다. 이 기계는 고밀도(>98%)와 낮은 불순물 함량(철, 구리 < 20ppm)을 보장하기 위해 압력, 온도 및 대기를 정밀하게 제어함으로써 고성능 폴리브덴 시트 생산의 기초를 제공합니다.

5.3.1.1 폴리브덴 시트용 분말 압착 장치

분말 프레스 장비는 폴리브덴 분말을 특정 모양과 강도의 블랭크로 프레스하는 데 사용되며 일반적인 장비에는 냉간 등압 프레스(CIP) 및 유압 프레스가 포함됩니다. 냉간 등압 프레스 (예 : CIP-400 시리즈, 압력 100-400 MPa)는 액체 매체 (예 : 물 또는 기름)를 통해 폴리브덴 분말에 균일 한 압력을 가하고 밀도 60-70 %의 플레이트 또는로드 블랭크 (크기 100-500 mm)로 압착합니다. 그 장점은 압력이 고르게 분포되어 빌렛 내부의 응력 집중을 피하고 대형 또는 복잡한 형태의 폴리브덴 빌렛 생산에 적합하다는 것입니다. 유압 프레스 (예 : 4 열 유압 프레스, 출력 200-1000 kW)는 단방향 프레스, 압력 50-200 MPa 에 사용되며 작은 블랭크 (두께 10-50 mm), 높은 생산 효율 (분당 1-3 개)에 적합합니다. 프레스 과정에서 폴리브덴 분말을 미리 체질(100-200 메쉬)해야 하며 블랭크의 강도를 향상시키기 위해 소량의 바인더(예: 폴리비닐 알코올, 0.1-0.5%)를

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

첨가해야 합니다. 주요 내용은 다음과 같습니다: 금형은 고압을 견딜 수 있도록 고강도 강철 또는 탄화물로 만들어져야 합니다. 프레스 매개변수(예: 압력 유지 시간 10-30 초)는 블랭크 균일성을 보장하기 위해 최적화해야 합니다. 장비에는 작동 환경을 보호하기 위해 먼지 억제 시스템(먼지 농도 $< 5\text{mg/m}^3$)이 장착되어 있습니다. 압착 된 폴리브덴 빌릿은 소결을 위한 고품질 입력을 제공하여 후속 폴리브덴 시트의 일관된 성능을 보장합니다.

5.3.1.2 폴리브덴 시트용 소결 장비

소결 장비는 압축된 폴리브덴 빌릿을 고온에서 고밀도 빌릿으로 통합하는 데 사용되며, 이는 분말 야금의 핵심 단계입니다. 일반적으로 사용되는 장비에는 진공 소결로와 수소 보호 소결로가 포함됩니다. 진공 소결로 (예 : VSF 시리즈, 전력 100-500 kW)는 10-10⁵Pa 의 진공도와 1800-2000 °C 의 온도에서 작동하며 소결 시간은 2-6 시간이므로 폴리브덴 분말 입자가 확산에 의해 결합되고 입자 크기는 10-50 미크론으로 제어되며 밀도는 98-99 %에 이릅니다. 진공 환경은 산화를 효과적으로 방지하고 산소 함량은 $< 50\text{ppm}$ 으로 감소하여 고순도 폴리브덴 시트($\geq 99.95\%$) 원료 생산에 적합합니다. 수소 보호 소결로 (온도 1600-1900 °C, 수소 순도 $\geq 99.99\%$, 유속 1-2 m³ / h)는 일반 순도 폴리브덴 시트 (99-99.9 %)에 적합한 환원 분위기를 통해 미량 산화물을 제거합니다. 소결 폴리브덴 빌렛의 인장 강도는 약 500-700 MPa 이며 밀도는 이론 값 (10.22 g / cm³)에 가깝습니다. 요점은 다음과 같습니다 : 빌릿 균열을 피하기 위해 램프 업 속도 (5-10 ° C / min)의 정확한 제어; 산소 누출이 없도록 하기 위한 용광로 분위기 모니터링; 냉각 속도(10-20°C/min)는 입자 구조를 최적화합니다. 소결 장비의 고성능은 폴리브덴 빌렛의 고밀도 및 낮은 불순물을 보장하며, 이는 후속 압연 가공을 위한 고품질 기반을 제공하고 전자 타겟 및 고온 부품의 요구를 충족합니다.

5.3.2 폴리브덴 시트용 압연 장비

압연 장비는 폴리브덴 시트 성형 공정의 핵심 도구로, 소결 폴리브덴 빌렛을 특정 두께, 크기 및 성능의 얇은 시트로 가공하는 데 사용되며 전자, 항공 우주 및 고온 산업에서 널리 사용됩니다. 압연 장비는 열간 압연기와 냉간 압연 공장으로 나뉘며 각각 더 두꺼운(0.5-3mm) 및 초박형(0.01-0.1mm) 폴리브덴 시트를 생산하는 데 사용되며 변형량, 온도 및 대기의 양을 정밀하게 제어하여 폴리브덴 시트의 입자 구조, 강도 및 표면 품질을 최적화합니다. CTIA GROUP LTD 폴리브덴 시트는 제품의 높은 정밀도와 일관성을 보장하고 고급 응용 분야의 요구 사항을 충족하기 위해 고급 압연 장비에 의존합니다. 다음은 폴리브덴 시트에 대한 열간 및 냉간 압연기의 기능, 성능 및 작동 요점에 대한 자세한 설명입니다.

5.3.2.1 폴리브덴 시트용 열간 압연기

열간 압연기는 고온(1000-1400°C)에서 폴리브덴 빌렛의 다중 패스 압연에 사용되어 고온으로 구성 요소 및 항공 우주 구조 부품에 적합한 0.5-3mm 두께의 폴리브덴 시트를 생산하는 데 사용됩니다. 일반적으로 사용되는 장비는 진공 또는 불활성 가스 (예 : 아르곤) 보호 시스템을 갖춘 4 단 열간 압연기 또는 가역 열간 압연기 (예 : SMS 그룹

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

장비, 500-2000 kW)입니다. 열간 압연기의 작업 롤 직경은 300-600mm, 압연 속도는 1-5m/min, 변형은 균열을 피하기 위해 매번 20-30%로 제어됩니다. 폴리브덴 빌릿 (보통 분말 야금법, 두께 10-50mm로 제조)은 예열로에서 1100-1300℃로 가열 된 다음 압연기에 들어가 50-100 마이크론의 입자 크기로 여러 패스 (6-10 패스)로 점차적으로 얇아지며 폴리브덴 시트에 우수한 연성 (파단 신율 10-15 %) 및 고온 강도 (1200 °C 에서 약 500 MPa)를 제공합니다. 표면 거칠기는 일반적으로 Ra 1.0-2.0 마이크론이며 산세에 의해 최적화 될 수 있습니다. 요점은 다음과 같습니다 : 두께 공차 (± 0.05 mm)를 보장하기 위해 롤 갭 및 온도 (편차 < 10 °C)의 정확한 제어; 산화로부터 대기의 순도 (≥ 99.99 %)를 보호합니다. 입자 구조를 최적화하기 위해 인라인 두께 측정기 및 냉각 시스템(냉각 속도 10-20°C/min)을 갖추고 있습니다. 열간 압연기의 장점은 높은 생산 효율(하루 10-50 톤)로 대량 생산에 적합하며 화학 장비 라이닝 및 고온로 발열체 제조에 널리 사용된다는 것입니다.

5.3.2.2 폴리브덴 시트용 냉간 압연기

냉간 압연기는 열간 압연 폴리브덴 시트 또는 소결 폴리브덴 블랭크를 실온 또는 실온에 가깝게 추가로 압연하여 반도체 타겟 및 마이크로 전자 기판에 적합한 0.01-1mm 두께의 초박형 폴리브덴 시트를 생산합니다. 일반적으로 사용되는 장비는 고강도 작업 롤 (직경 100-300 mm, 경도 HRC 60-65) 및 자동 롤 갭 제어 시스템 (정확도 ± 0.001 mm)이 장착 된 고정밀 4 롤 또는 멀티 롤 냉간 압연기 (예 : Sendzimir mill, 200-1000 kW)입니다. 냉간 압연의 변형은 매번 10-20%로 제어되며 압연 속도는 가공 경화로 인한 균열을 방지하기 위해 0.5-3m/min 입니다. 냉간 압연 폴리브덴 시트는 입자 크기가 작고 (5-20 마이크론)이며 인장 강도가 900-1200 MPa 이지만 응력 제거 어닐링 (800-1100 °C)을 통한 낮은 연성 (파단 신율 5-8 %) 및 인성 (파단 신율 10-12 %)이 낮습니다. 표면 품질이 우수하고 연마 후 거칠기는 Ra 0.4 마이크론에 도달 할 수 있으며 두께 허용 오차는 ± 0.005 mm 로 제어됩니다.

주요 내용은 다음과 같습니다 : 표면 결함을 줄이기 위해 유성 윤활제 (점도 10-20 cSt)를 사용합니다. 표면 품질을 보장하기 위해 인라인 결함 감지(예: 레이저 스캐닝) 장착; 어닐링 용광로는 산화를 방지하기 위해 진공 또는 수소 보호(순도 $\geq 99.99\%$)가 필요합니다. 냉간 압연기는 박막 증착 및 X 선관 어셈블리와 같은 전자 산업의 까다로운 응용 분야를 위한 초박형, 고정밀 폴리브덴 시트를 생산할 수 있는 장점이 있지만 장비 비용이 높고 롤 표면 및 제어 시스템의 정기적인 유지 보수가 필요합니다.

5.4 폴리브덴 시트에 대한 성능 테스트 장비

폴리브덴 시트의 성능 테스트 장비는 제품이 전자, 항공 우주 및 고온 산업의 엄격한 요구 사항을 충족하는지 확인하기 위해 물리적 및 화학적 특성을 평가하는 데 사용됩니다. 테스트 장비는 밀도, 융점, 전기 및 열 전도도와 같은 주요 매개변수를 다루고 고정밀 기기를 통해 신뢰할 수 있는 데이터를 제공하여 폴리브덴 시트의 순도, 구조 및 기능을 확인합니다. CTIA GROUP LTD 폴리브덴 시트는 성능 매개변수가 10.22g/cm³의 밀도, 약 $5.2 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 의 저항률 및 약 138W/m·K 의 열전도율과 같은 ASTM B386 표준을 충족하는지 확인하기 위해 고급 테스트 장비를 통과했습니다. 다음은 폴리브덴 시트에

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

대한 밀도 측정 장비, 용점 테스트 장비, 전도도 테스트 장비 및 열전도율 테스트 장비의 유형, 기능 및 작동 지점에 대한 자세한 설명입니다.

5.4.1 몰리브덴 시트의 밀도 측정 장비

밀도 측정 장비는 몰리브덴 시트의 밀도(이론값 10.22g/cm^3)를 측정하여 밀도와 순도를 평가하여 품질 관리 및 재료 인증에 적합한 데 사용됩니다. 일반적으로 사용되는 장비에는 아르키메데스 배수 장치와 X 선 밀도계가 포함됩니다. 아르키메데스 배수 장치(예: 메틀러 토레도 밀도계, 정확도 $\pm 0.001\text{ g/cm}^3$)는 $0.1\text{-}20\text{ g/cm}^3$ 의 테스트 범위로 공기 및 액체(일반적으로 탈이온수)에서 몰리브덴 시트의 질량을 측정하여 밀도를 계산하며 두께가 $0.01\text{-}3\text{mm}$ 인 몰리브덴 시트에 적합합니다. 작동 중에는 몰리브덴 시트를 청소해야 하고(초음파 세척, 오일 제거 제거), 액체에 담글 때 기포를 피해야 하며, 측정 오차는 $\pm 0.01\text{g/cm}^3$ 로 제어해야 합니다. X 선 농도계(예: 정확도 $\pm 0.005\text{g/cm}^3$ 의 PANalytical X'Pert)는 샘플을 파괴하지 않고 X 선 흡수에 의해 물질의 밀도를 분석하므로 고정밀 검출에 적합합니다. 주요 내용은 다음과 같습니다: 정확성을 보장하기 위한 장비 교정(순수 몰리브덴 블록과 같은 표준 샘플 사용); 테스트 환경은 열팽창의 영향을 제거하기 위해 일정한 온도($20\pm 1^\circ\text{C}$)로 유지해야 합니다. 신뢰성을 향상시키기 위해 여러 측정값을 평균화합니다. 밀도 측정 장비는 몰리브덴 시트에서 미세한 결함(예: 다공성 $<2\%$)을 감지하여 반도체 타겟 및 고온 부품에 적합한지 확인합니다.

5.4.2 몰리브덴 시트용 용점 시험 장비

용점 테스트 장비는 몰리브덴 시트의 용점(약 2620°C)을 확인하여 고온 성능 및 순도를 확인하는 데 사용되며 항공 우주 및 고온 용광로 응용 분야에 적합합니다. 일반적으로 사용되는 장비는 고온 시차 주사 열량계(DSC) 및 레이저 플래시 용융 장비입니다. 고온 DSC (예: Netzsch STA 449, 온도 범위 $25\text{-}2800^\circ\text{C}$, 정확도 $\pm 5^\circ\text{C}$)는 몰리브덴 시트 샘플(질량 $5\text{-}10\text{ mg}$)을 가열하고 산화를 방지하기 위해 텅스텐 도가니 및 아르곤 보호(순도 $\geq 99.99\%$)가 장착된 흡열 피크를 기록하여 용점을 측정합니다. 레이저 플래시 용융 장비(예: LFA 467, 온도 범위 $1000\text{-}3000^\circ\text{C}$)는 용융 온도를 기록하기 위해 적외선 온도계와 결합된 레이저 펄스로 몰리브덴 시트의 표면을 가열하고 테스트 시간이 짧아 (<1 분) 신속한 감지에 적합합니다. 주요 내용은 다음과 같습니다: 샘플은 불순물과 낮은 용점을 피하기 위해 고순도($\geq 99.95\%$)여야 합니다. 테스트 분위기는 엄격하게 제어되어야 합니다(산소 함량 $< 10\text{ppm}$). 장비는 정기적으로 교정해야 합니다(텅스텐 표준, 용점 3422°C 사용). 용점 테스트 장비는 고온 환경(예: 진공로)에서 몰리브덴 시트의 안정성을 보장하며 오류는 $\pm 10^\circ\text{C}$ 내에서 제어됩니다.

5.4.3 몰리브덴 시트용 전도도 시험 장비

전도도 테스트 장비는 몰리브덴 시트의 저항률(약 $5.2\times 10^{-8}\ \Omega\cdot\text{m}$)을 측정하여 전기 특성을 평가하여 전자 산업의 전극 및 대상 응용 분야에 적합한 데 사용됩니다. 일반적으로 사용되는 장비는 4 개의 프로브 테스터와 전도도 측정기입니다. 4 개의 프로브 테스터(예: Keithley 2635B, 정확도 $\pm 0.01\%$)는 정전류($1\text{-}100\text{mA}$)를 적용하고 테스트 범위가 $10^{-9}\text{-}10^6$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$\Omega \cdot m$ 인 4 개의 등거리 프로브(1-2mm 간격)를 통해 전압을 측정하여 몰리브덴 시트의 저항을 계산하며, 두께가 0.01-3mm 인 몰리브덴 시트에 적합합니다. 전도도 측정기(예: Sigmascop SMP350, 주파수 10-100kHz)는 비접촉식 와전류 방법으로 전도도(S/m 단위)를 측정하며 넓은 영역의 몰리브덴 시트를 빠르게 감지하는 데 적합합니다. 요점은 다음과 같습니다 : 몰리브덴 시트의 표면은 접촉 저항을 줄이기 위해 연마 ($R_a \leq 0.4$ 미크론)해야하며 테스트 환경은 간섭을 피하기 위해 일정한 온도 및 습도 ($20 \pm 1^\circ C$, 습도 $< 50\%$)이어야합니다. 정확성을 보장하기 위해 여러 번의 측정(최소 5 회)을 평균화합니다. 4 개의 프로브로 구성된 테스트는 몰리브덴 시트의 결정립계 저항과 불순물 효과를 감지하여 반도체 박막 증착에서 전도성 안정성을 보장합니다.

5.4.4 몰리브덴 시트용 열전도율 시험 장비

열전도율 시험 장비는 몰리브덴 시트(약 $138 W/m \cdot K$)의 열전도율을 측정하고 열 관리 성능을 평가하는 데 사용되며 방열 기관 및 고온로 부품에 적합합니다. 일반적으로 사용되는 장비는 레이저 플래시 열전도율계와 정상 상태 열 흐름 장비입니다. 레이저 플래시 열전도율(예: Netzsch LFA 467, 정확도 $\pm 3\%$)은 몰리브덴 시트의 한쪽 면(샘플 크기 $10 \times 10 \times 0.5-3mm$)을 레이저 펄스로 가열하고, 적외선 온도계는 다른 쪽의 온도 상승을 기록하고, 열전도율을 계산하고, 온도 범위 $20-1500^\circ C$ 를 테스트하고, 산화를 방지하기 위해 아르곤 보호(순도 $\geq 99.99\%$)를 갖추고 있습니다. 정상 상태 열 흐름 장치(예: $\pm 2\%$ 의 정확도를 가진 Hot Disk TPS 2500S)는 몰리브덴 디스크에 열 프로브를 내장하여 정상 열 흐름 하에서 온도 구배를 측정하며 대형 샘플($20 \times 20mm$)에 적합합니다. 주요 포인트에는 열 접촉을 보장하기 위한 평평한 샘플 표면($R_a \leq 0.4 \mu m$), 산화 효과를 방지하기 위한 진공 또는 불활성 대기에서의 테스트, 표준 샘플(예: 스테인리스강, 열전도율 $16 W/m \cdot K$)을 사용한 장비 보정이 포함됩니다. 열전도율 테스트 장비는 몰리브덴 시트의 열전도율을 확인하여 $\pm 5 W/m \cdot K$ 의 오류로 전자 패키징 및 고온 열 차폐에서 성능을 보장합니다.

5.5 몰리브덴 시트 기계적 성질 시험 장비

기계적 성질 시험 장비는 몰리브덴 시트의 강도, 경도, 인성 및 피로 저항을 평가하여 항공 우주, 전자 및 고온 산업의 까다로운 요구 사항을 충족하는지 확인하는 데 사용됩니다. 이 장치는 기계적 하중 또는 충격을 가하여 몰리브덴 시트의 인장 강도, 경도 및 파괴 인성과 같은 주요 매개변수를 측정하여 품질 관리 및 재료 인증을 위한 데이터 지원을 제공합니다. CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트는 인장 강도($800-1200 MPa$), 경도($220-250 HV$) 및 인성(파괴 인성 $10-15 MPa \cdot m^{1/2}$)이 ASTM B386 표준을 충족하는지 확인하기 위해 고급 기계적 특성 테스트 장비를 통해 ASTM B386 표준을 충족합니다. 다음은 몰리브덴 시트의 기계적 특성을 테스트할 때 만능 재료 시험기, 경도 시험기 및 충격 시험기의 기능, 성능 및 작동 지점에 대한 자세한 설명입니다.

5.5.1 몰리브덴 시트의 기계적 특성을 시험하는 범용 재료 시험기

UTM(Universal Materials Testing Machine)은 인장 강도, 항복 강도, 파단 신율 및 탄성 계수를 측정하는 데 사용되는 몰리브덴 시트의 기계적 특성을 테스트하기 위한 핵심

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

장비이며 두께가 0.01-3mm 인 몰리브덴 시트에 적합합니다. Instron 5982 또는 MTS Criterion 시리즈(하중 범위 1-100kN, 정확도 $\pm 0.5\%$)와 같이 일반적으로 사용되는 장비는 인장, 압축 또는 굴곡 시험을 통해 몰리브덴 시트의 성능을 평가합니다. 인장 시험에서 몰리브덴 시트 샘플(ASTM E8 과 같은 표준 크기, 너비 5-10mm)을 고정구 사이에 고정하고 일정한 속도(1-10mm/min)로 파단하도록 늘리고, 인장 강도(800-1200 MPa), 항복 강도(약 600-900 MPa) 및 파단 연신율(5-15%)을 제공하기 위해 응력-변형률 곡선을 기록합니다. 고온 인장 시험(1000-1500°C)에는 실제 작업 조건을 시뮬레이션하고 고온 강도(1200°C 에서 약 500-700MPa)를 테스트하기 위해 고온 용광로(아르곤 보호, 순도 $\geq 99.99\%$)가 장착되어야 합니다. 요점은 다음과 같습니다 : 응력 집중을 피하기 위해 샘플 표면 ($R_a \leq 0.4$ 미크론)을 연마하고, 테스트 일관성을 보장하기 위해 고정 장치 정렬 정확도 (<0.1 mm)를 연마합니다. 테스트 환경은 일정한 온도($20 \pm 1^\circ\text{C}$) 또는 엄격하게 제어된 고온 분위기(산소 함량 $< 10\text{ppm}$)여야 합니다. 만능 재료 물성시험기는 몰리브덴 시트의 기계적 특성을 정확하게 평가하고 항공우주 구조 및 고온 용광로 부품에서 신뢰성을 보장합니다.

5.5.2 경도 시험기는 몰리브덴 시트의 기계적 특성을 테스트합니다.

경도 시험기는 몰리브덴 시트의 경도를 측정하는 데 사용되며 변형 및 마모에 대한 내성을 반영하며 기계적 특성을 평가하는 데 중요한 도구입니다. 일반적으로 사용되는 장비로는 비커스 경도 시험기(예: Wilson VH3300, 0.1-10kgf, 정확도 ± 1 HV)와 브리넬 경도 시험기(예: ZwickRoell ZHU250, 5-3000kgf)가 있습니다. 비커스 경도 시험은 몰리브덴 시트 표면에 1-5kgf 의 하중을 가하고($R_a \leq 0.4$ 미크론으로 연마), 다이아몬드 압자(136° 원뿔 각도)를 통해 샘플을 누르고, 압흔 대각선 길이를 측정하고, 경도 값(고순도 몰리브덴 시트의 경우 220-250 HV, TZM 합금의 경우 300-350 HV)을 계산합니다. 브리넬 경도 시험은 경도 값이 약 230-260 HB 인 더 두꺼운 몰리브덴 시트($>1\text{mm}$)에 카바이드 볼 압자(직경 2.5-10mm)를 사용합니다. 테스트는 일정한 온도 환경($20 \pm 1^\circ\text{C}$)에서 수행해야 하며 곡물 불균일성의 영향을 줄이기 위해 최소 5 점의 평균을 내야 합니다. 요점은 다음과 같습니다 : 샘플 표면은 깨끗하고 산화물 층 (산세 또는 초음파 세척)이 없어야 합니다. 인텐터와 하중은 두께에 따라 선택해야 합니다(얇은 시트의 경우 낮은 하중 $< 0.1\text{mm}$). 장비는 정기적으로 교정해야 합니다(표준 경도 블록 사용). 경도 시험기 테스트 결과는 몰리브덴 시트의 가공 경화 효과 및 내마모성을 확인할 수 있으며 전자 타겟 및 절삭 공구 코팅 기판에 적합합니다.

5.5.3 몰리브덴 시트의 기계적 특성을 시험하는 충격 시험기

충격 시험기는 몰리브덴 시트의 인성과 내충격성을 평가하는 데 사용되며, 파괴 인성(K_{IC}) 또는 충격 흡수 에너지를 측정하여 동적 하중 하에서 성능을 검증합니다. 일반적으로 사용되는 장비는 Charlest 충격 시험기(예: ZwickRoell HIT 시리즈, 에너지 범위 5-300J, 정확도 $\pm 0.1\text{J}$)와 낙하 충격 시험기(예: Instron Dynatup, 에너지 50-1000J)입니다. Charlest 충격 시험은 표준 시편(예: ASTM E23, V-노치가 있는 경우 크기 $10 \times 10 \times 55\text{mm}$)에 순간 충격을 가하고 파단 시 흡수된 에너지(몰리브덴 시트의 경우 약 5-15J)를 기록하고 인성(파괴 인성 $10-15 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)을 반영합니다. 낙하 중량 시험은 얇은 몰리브덴

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

시트(두께 0.01-1mm)에 적합하며 자유 낙하 충격(높이 0.5-2m)에 의한 충격 저항을 측정하며 항공 우주 부품의 진동 환경을 시뮬레이션하는 데 적합합니다. 고온 충격 시험(1000°C)에는 산화를 방지하기 위해 아르곤 보호로(순도 $\geq 99.99\%$)가 장착되어야 합니다. 요점은 다음과 같습니다: 샘플 노치는 정밀하게 가공해야 합니다(깊이 2mm, 각도 45°). 테스트 온도를 제어해야 합니다($20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 또는 고온 $\pm 10^{\circ}\text{C}$). 신뢰성을 보장하기 위해 여러 테스트(최소 3 회)의 평균을 구합니다.



CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트

장 6: 몰리브덴 시트의 성능을 위한 시험 방법

몰리브덴 시트의 성능 테스트 방법은 전자, 항공 우주 및 고온 산업의 엄격한 요구 사항을 충족하는지 확인하기 위해 물리적 및 화학적 특성을 정확하게 평가하는 데 사용됩니다. 테스트 방법은 밀도, 용점 및 열 안정성과 같은 주요 매개변수를 다루며 표준화된 프로세스 및 장비를 통해 몰리브덴 시트의 순도, 구조 및 기능을 검증하기 위한 신뢰할 수 있는 데이터를 제공합니다. CTIA GROUP LTD 몰리브덴 칩은 밀도(10.22g/cm^3), 용점(2620°C) 및 고온 안정성과 같은 성능 매개변수가 기대치를 충족하는지 확인하기 위해 국제 표준(예: ASTM B386)을 사용하여 테스트되었습니다.

6.1 몰리브덴 시트의 밀도에 대한 시험 방법

몰리브덴 시트의 밀도에 대한 테스트 방법은 밀도 (이론 값 10.22 g / cm^3)를 측정하여 재료의 밀도와 순도를 평가하는 데 사용되며 품질 관리 및 인증에 적합합니다. 일반적으로 사용되는 방법은 아르키메데스 배수 방법과 X선 밀도 분석입니다.

부력의 원리에 따라 아르키메데스 배수법은 공기와 액체에서 몰리브덴 시트의 질량 차이를 측정하고 밀도를 계산하며 정확도는 $\pm 0.01\text{g/cm}^3$ 에 도달할 수 있으며 이는 두께가 $0.01\text{-}3\text{mm}$ 인 몰리브덴 시트에 적합합니다. 테스트 프로세스에는 다음이 포함됩니다 : 1) 샘플 준비, 몰리브덴 시트의 초음파 세척 (5 분, 오일 제거), 건조 (60°C , 10 분); 2) 공기 중의 질량(m_1)을 측정하기 위해 고정밀 전자 저울(예: $\pm 0.1\text{mg}$ 의 정확도를 가진 Mettler Toledo XS205)을 사용하여 계량하는 작업; 3) 침수 측정, 몰리브덴 시트는 탈이온수(밀도 $\rho_0=1\text{g/cm}^3$, 20°C)에 현탁되어 기포가 부착되지 않도록 하고 물의 질량(m_2)이 기록됩니다. 4) 밀도를 계산하고 공식은 $\rho=m_1/(m_1-m_2)\cdot\rho_0$ 이고 측정을 3-5 회 반복하여 평균값을 취합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

X 선 밀도계는 X 선 밀도계(예: PANalytical X'Pert)를 사용하여 샘플을 손상시키지 않고 $\pm 0.005\text{g/cm}^3$ 의 정확도로 X 선 흡수 강도의 밀도를 계산하므로 고정밀 검출에 적합합니다. 주요 내용은 다음과 같습니다: 테스트 환경은 열팽창의 영향을 제거하기 위해 일정한 온도($20\pm 1^\circ\text{C}$)로 유지되어야 합니다. 오류를 줄이기 위해 시료 표면이 평평해야 하며($R_a \leq 0.4\mu\text{m}$) 고정 장비는 표준 시료(예: 순수 폴리브덴 블록)를 사용합니다. 밀도 테스트는 다공성(목표 $<2\%$)과 불순물 효과를 감지하여 폴리브덴 시트가 반도체 타겟 및 고온 부품에 적합한지 확인합니다.

6.2 폴리브덴 시트의 용점에 대한 시험 방법

폴리브덴 시트의 용점에 대한 시험 방법은 고온 성능 및 순도를 확인하기 위해 용점(약 2620°C)을 확인하는 데 사용되며 항공 우주 및 고온로 응용 분야에 적합합니다. 일반적으로 사용되는 방법은 시차 주사 열량계(DSC)와 레이저 플래시 용융입니다. DSC 방법은 고온 시차 주사 열량계(예: Netzsch STA 449, 온도 범위 $25\text{-}2800^\circ\text{C}$, 정확도 $\pm 5^\circ\text{C}$)로 가열 공정 중 폴리브덴 시트의 흡열 피크를 측정합니다. 테스트 프로세스는 1) 샘플 준비, 폴리브덴 시트 (5-10 mg, 두께 0.1-1 mm) 절단, 연마 ($R_a \leq 0.4$ 미크론) 및 초음파 세척, 2) 샘플 로딩, 텅스텐 도가니에 샘플을 넣고 아르곤 보호 분위기 (순도 $\geq 99.99\%$, 산소 함량 $<10\text{ ppm}$)에 놓습니다. 3) 가열, $5\text{-}10^\circ\text{C}$ / 분의 속도로 2800°C 로 가열, 흡열 피크 온도를 용점으로 기록; 4) 데이터 분석, 테스트를 3 회 반복하여 평균을 구합니다. 레이저 플래시 용융 방법은 레이저 플래시 용융 장치 (예 : LFA 467, 온도 범위 $1000\text{-}3000^\circ\text{C}$)를 사용하여 레이저 펄스로 폴리브덴 시트 (면적 $5\times 5\text{ mm}$)의 표면을 빠르게 가열하고 적외선 온도계는 용융 온도를 기록하며 테스트 시간은 <1 분입니다. 주요 내용은 다음과 같습니다: 샘플은 불순물과 낮은 용점을 피하기 위해 고순도($\geq 99.95\%$)여야 합니다. 테스트 분위기는 산화를 방지하기 위해 엄격하게 제어되어야 합니다. 이 장치는 표준 샘플(예: 텅스텐, 용점 3422°C)을 사용하여 보정됩니다. 용점 테스트 오류는 진공로 또는 고온 부품에서 폴리브덴 시트의 안정성을 보장하기 위해 $\pm 10^\circ\text{C}$ 에서 제어됩니다.

6.3 폴리브덴 시트의 열 안정성에 대한 시험 방법

폴리브덴 시트의 열 안정성에 대한 테스트 방법은 고온 환경, 특히 산화 또는 진공 분위기에서 구조 및 성능 안정성을 평가하는 데 사용되며 고온 용광로 및 항공 우주 응용 분야에 적합합니다. 열 안정성 시험은 주로 열중량 분석(TGA) 및 고온 어닐링 시험 방법으로 수행됩니다. TGA 방법은 열중량 분석기(예: TA Instruments Q500, 온도 범위 $25\text{-}1500^\circ\text{C}$, 정확도 $\pm 0.1\%$)를 사용하여 고온에서 폴리브덴 시트의 질량 변화를 측정하고 산화 경향 및 휘발성 손실을 평가합니다. 시험 과정에는 1) 샘플 준비, 폴리브덴 시트 절단(10-20mg, 두께 0.1-1mm), 초음파 세척 및 건조, 2) 테스트 환경, 아르곤(순도 $\geq 99.99\%$) 또는 공기 분위기, 가열 속도 $5\text{-}10^\circ\text{C}/\text{min}$ 에서 $600\text{-}1500^\circ\text{C}$; 3) 데이터를 기록하고 질량 손실률을 측정합니다 (1000°C 에서 아르곤에서 목표 $< 0.1\%$, 산화 분위기에서 600°C 이상에서 MoO_3 가 생성 될 수 있음). 4) 산화 시작 온도와 휘발율을 분석합니다. 고온 어닐링 테스트 방법은 진공 어닐링로(예: Carbolite Gero, 온도 $1000\text{-}2000^\circ\text{C}$, 진공도 10°C)에서 수행됩니다. Pa)에서 폴리브덴 시트를 $1200\text{-}1500^\circ\text{C}$ 로 가열하고 1-4 시간 동안 배양하고 표면 지형

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(SEM 관찰) 및 입자 변화 (X 선 회절)를 확인했다. 요점은 다음과 같습니다 : 산화점을 줄이기 위해 샘플 표면 ($Ra \leq 0.4 \mu m$)을 연마하고 엄격하게 제어 된 테스트 분위기 (산소 함량 $< 10ppm$)를 연마합니다. 안정성을 확인하기 위한 여러 테스트(3-5 회). 열 안정성 테스트는 고온에서 몰리브덴 시트의 내산화성 및 구조적 무결성을 확인하여 진공로 열 차폐 또는 로켓 노즐 라이닝에서 신뢰성을 보장합니다.

6.4 몰리브덴 시트의 전도성에 대한 시험 방법

몰리브덴 시트의 전도도에 대한 시험 방법은 저항률 (약 $5.2 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$)을 측정하여 전기적 특성을 평가하고 전자 산업의 전극 및 스퍼터링 대상에 대한 적합성을 확인하는 데 사용됩니다. 일반적으로 사용되는 방법은 4 프로브 방법과 와전류 방법입니다. 4-프로브 방법은 4-프로브 테스터(예: Keithley 2635B, 정확도 $\pm 0.01\%$)로 몰리브덴 시트의 저항을 측정하며, 이는 두께가 0.01-3mm 인 샘플에 적합합니다. 테스트 프로세스에는 1) 샘플 준비, 몰리브덴 시트 절단 (크기 $10 \times 10 \text{ mm}$), $Ra \leq 0.4$ 미크론으로 연마, 표면 오일을 제거하기 위한 초음파 세척, 2) 테스트 설정, 4 프로브 등거리 배열 (1-2 mm 간격), 정전류 (1-100 mA) 적용, 전압 강하 측정; 3) 공식 $\rho = (V/I) \cdot (A/L)$, 여기서 V 는 전압, I 는 전류, A 는 샘플의 단면적, L 은 프로브 간격, 평균값은 측정을 5 회 반복하여 취합니다. 4) 시료 두께와 온도($20 \pm 1^\circ C$)의 영향을 고려한 데이터 보정. 와전류 방법은 전도도 측정기(예: Sigmascope SMP350, 주파수 10-100kHz)를 사용하여 비접촉 와전류에 의한 전도도(S/m)를 측정하므로 넓은 영역의 몰리브덴 시트를 빠르게 감지하는 데 적합합니다. 주요 내용은 다음과 같습니다 : 샘플 표면에 산화물 층이 없습니다. 테스트 환경은 간섭을 줄이기 위해 일정한 온도와 습도(습도 $< 50\%$)여야 합니다. 이 장치는 구리, 저항률 $1.68 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 과 같은 표준 도체를 사용하여 보정됩니다. 4 프로브 방법은 정밀도가 높으며 고정밀 표적에 적합합니다. 와전류 방법은 매우 효율적이며 배치 테스트에 적합합니다. 전도도 테스트는 반도체 박막의 증착에서 몰리브덴 시트의 전기적 안정성을 보장합니다.

6.5 몰리브덴 시트의 열전도율에 대한 시험 방법

몰리브덴 시트의 열전도율에 대한 시험 방법은 열전도율(약 $138 W/m \cdot K$)을 측정하고 열 관리 성능을 평가하는 데 사용되며 방열 기관 및 고온로 구성 요소에 적합합니다. 일반적으로 사용되는 방법은 레이저 플래시 방법과 정상 상태 열 흐름 방법입니다. 레이저 플래시 방법은 레이저 플래시 열전도도 측정기(예: $\pm 3\%$ 의 정확도로 Netzsch LFA 467)로 열전도도를 측정하며 두께가 0.5-3mm 인 몰리브덴 시트에 적합합니다. 테스트 프로세스에는 다음이 포함됩니다 : 1) 샘플 준비, 몰리브덴 시트 ($10 \times 10 \text{ mm}$) 절단, $Ra \leq 0.4$ 미크론으로 연마, 초음파 세척, 2) 테스트 설정, 아르곤 보호 환경에서의 샘플 배치 (순도 $\geq 99.99\%$, 산소 함량 $< 10 \text{ ppm}$), 한쪽의 레이저 펄스 가열, 다른쪽의 온도 상승을 기록하는 적외선 온도계; 3) 열전도율은 $k = \alpha \cdot \rho \cdot C_p$, 여기서 α 은 열확산율(기기로 측정), ρ 는 밀도, C_p 는 비열 용량(약 $0.25 \text{ J/g} \cdot K$)입니다. 4) 테스트를 3-5 회 반복하여 평균을 구합니다. 정상 상태 열 흐름 방법은 열 플럭스 미터(예: $\pm 2\%$ 의 정확도)를 사용하여 열 프로브를 통한 일정한 열 흐름 하에서 온도 구배를 측정하며 대형 샘플($20 \times 20 \text{ mm}$)에 적합합니다. 주요 내용은 다음과 같습니다 : 일관된 열 흐름을 보장하기 위해 샘플의 균일 한 두께; 테스트 온도는 $20-1500^\circ C$ 에서 제어됩니다. 교정은 표준 샘플(예: 스테인리스강, $16 \text{ W/m} \cdot K$)을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

사용하여 수행되었습니다. 레이저 플래시 방법은 고온 테스트에 적합하고 정상 상태 방법은 실온에서 큰 샘플에 적합합니다. 열전도율 테스트는 전자 패키지에서 몰리브덴 시트의 열전도율을 보장하며 오류는 $\pm 5\text{W/m}\cdot\text{K}$ 로 제어됩니다.

6.6 몰리브덴 시트의 열팽창 계수에 대한 시험 방법

몰리브덴 시트의 열팽창 계수에 대한 시험 방법은 선팽창 계수(약 $4.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, 20-1000 $^{\circ}\text{C}$)를 측정하여 열 정합 성능을 평가하는 데 사용되며 반도체 패키징 및 고온 부품에 적합합니다. 가장 일반적으로 사용되는 방법은 열확장계 방법과 X 선 결정 분석 방법입니다. 팽창계 방법은 열팽창계(예: $0.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 의 정확도를 가진 Netzsch DIL 402)를 사용합니다. 열팽창 계수는 가열 중 몰리브덴 시트의 길이 변화를 측정하여 계산됩니다. 테스트 프로세스는 1) 샘플 준비, 몰리브덴 시트 절단 (길이 10-25 mm, 두께 0.1-1 mm), $R_a \leq 0.4$ 미크론)까지 연마, 2) 테스트 설정, 아르곤 보호 환경에 대한 샘플 노출 (순도 $\geq 99.99\%$), 2-5 $^{\circ}\text{C}$ / 분에서 1000 $^{\circ}\text{C}$ 로 가열, 길이 변화 기록 (해상도 0.1 미크론), 3) 공식에 의한 열팽창 계수 계산 $\alpha = \Delta L / (L_0 \cdot \Delta T)$, 여기서 ΔL 은 길이 변화, L_0 은 초기 길이, ΔT 는 온도 변화입니다. 4) 테스트를 3 회 반복하여 평균을 구합니다. X 선 결정 분석은 X 선 회절계(예: $\pm 0.05 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 의 정확도를 가진 Bruker D8)를 사용하여 고온에서 격자 상수의 변화를 측정하여 열팽창 계수를 추정하며 작은 샘플에 적합합니다. 주요 내용은 다음과 같습니다: 샘플에는 표면 결함이 없어야 합니다. 테스트 온도는 정밀하게 제어되어야 합니다($\pm 1^{\circ}\text{C}$). 보정은 표준 샘플(예: 알루미늄, $7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)을 사용하여 수행됩니다. 열팽창 계수 테스트는 몰리브덴 시트와 실리콘 또는 세라믹의 열적 호환성을 보장하며 오류는 $\pm 0.2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 에서 제어됩니다.

6.7 몰리브덴 시트의 강도에 대한 시험 방법

몰리브덴 시트의 강도에 대한 시험 방법은 인장 강도(800-1200 MPa) 및 항복 강도(600-900 MPa)를 측정하여 기계적 특성을 평가하는 데 사용되며 항공 우주 및 고온 구조 부품에 적합합니다. 가장 일반적인 방법은 만능 재료 물성시험기(예: Instron 5982, 하중 범위 1-100kN, 정확도 $\pm 0.5\%$)를 사용하는 인장 시험법입니다. 테스트 프로세스에는 다음이 포함됩니다: 1) 샘플 준비, 몰리브덴 시트 절단 (ASTM E8 표준, 너비 5-10 mm, 두께 0.01-3 mm), $R_a \leq 0.4$ 미크론으로 연마; 2) 테스트 설정, 샘플은 고정 장치에 고정되고 1-10mm/min 의 속도로 파괴되도록 늘어나고 응력-변형 곡선이 기록됩니다. 3) 인장 강도 (최대 응력), 항복 강도 (0.2 % 오프셋 응력) 및 파단 신율 (5-15 %)을 계산하기 위한 데이터 분석; 4) 고온 테스트(1000-1500 $^{\circ}\text{C}$)에는 아르곤 보호(순도 $\geq 99.99\%$)가 필요합니다. 요점은 다음과 같습니다: 편심 하중을 피하기 위한 고정 장치 정렬 정확도($<0.1\text{mm}$); 테스트 환경은 항온($20 \pm 1^{\circ}\text{C}$) 또는 고온 제어($\pm 10^{\circ}\text{C}$)입니다. 평균을 내기 위해 테스트를 3-5 회 반복합니다. 인장 시험 방법은 실온 및 고온에서 몰리브덴 시트의 강도를 평가하여 로켓 노즐 라이닝 및 고온로 구성 요소에 대한 신뢰성을 보장합니다.

6.8 몰리브덴 시트의 경도에 대한 시험 방법

몰리브덴 시트의 경도에 대한 시험 방법은 비커스 경도(220-250 HV, TzM 합금 300-350

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

HV)를 측정하여 변형 및 마모에 대한 저항을 평가하는 데 사용되며 전자 타겟 및 절삭 공구 기관에 적합합니다. 가장 일반적인 방법은 비커스 경도 시험기(예: Wilson VH3300, 하중 0.1-10kgf, 정확도 $\pm 1\text{HV}$)를 사용하는 비커스 경도 시험입니다. 테스트 프로세스는 1) 샘플 준비, 폴리브덴 시트 (10×10 mm, 두께 0.1-3 mm) 절단, $R_a \leq 0.4 \mu\text{m}$ 로 연마, 초음파 세척, 2) 테스트 설정, 다이아몬드 인텐터 (136 ° 원뿔 각도)를 사용하여 1-5 kgf (라멜라 < 0.1 mm 의 경우 0.1-0.5 kgf)의 하중을 가하고 10-15 초 동안 유지; 3) 압흔을 측정하고, 현미경을 사용하여 압흔의 대각선 길이를 측정하고(배율 400x), 경도 값($\text{HV} = 1.8544 \cdot F/d^2$, F 는 하중, d 는 압입 대각선의 평균 길이); 4) 테스트를 5-7 회 반복하여 평균을 구합니다. 주요 내용은 다음과 같습니다: 샘플 표면에는 산화물 층(산세)이 없어야 합니다. 하중 선택은 기관 효과를 피하기 위해 두께와 일치해야 합니다. 교정은 표준 경도 블록(예: 200HV)을 사용하여 이루어집니다. 비커스 경도 시험은 매우 정확하고 폴리브덴 시트의 가공 경화 및 내마모성을 평가하는 데 적합하여 스퍼터링 대상에서 안정성을 보장합니다.

6.9 폴리브덴 시트의 인성에 대한 시험 방법

폴리브덴 시트의 인성에 대한 시험 방법은 파괴에 대한 내성과 충격 에너지를 흡수하는 능력을 평가하고 파괴 인성 (K_{IC} , 약 $10\text{-}15 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)을 측정하는 데 사용되며, 이는 항공 우주 및 전자 기관 응용 분야에 적합합니다. 일반적으로 사용되는 방법은 Charismatic 충격 시험법과 파괴 인성 시험법입니다. Charismatic 충격 시험법은 Charismatic 충격 시험기(예: ZwickRoell HIT, 에너지 범위 5-300J, 정확도 $\pm 0.1\text{J}$)를 사용합니다. 테스트 프로세스에는 다음이 포함됩니다: 1) 샘플 준비, 폴리브덴 시트 (ASTM E23 표준, 10×10×55 mm, V- 노치 깊이 2mm, 각도 45 °), $R_a \leq 0.4$ 미크론)로 연마, 2) 테스트 설정, 샘플은 진자로 노치에 충격을 가하기 위해 시험기에 고정되고 흡수 된 에너지 (약 5-15 J)가 기록됩니다. 3) 데이터 분석, 충격 인성 계산, 테스트를 3-5 회 반복하여 평균을 취합니다. 4) 고온 테스트(1000°C)에는 아르곤 보호(순도 $\geq 99.99\%$, 산소 함량 < 10ppm)가 필요합니다. 파괴 인성 시험법은 만능 재료 물성시험기(예: Instron 5982, 하중 1-100kN)를 사용하여 단면 노치 인장(SEN) 샘플(ASTM E399, 두께 0.5-3mm)을 0.5-2mm/min 의 속도로 하중하고 균열 전파력을 기록하고 K_{IC} 을 계산합니다. 요점은 다음과 같습니다: 응력 집중을 피하기 위한 노치 정확도 ($\pm 0.01 \text{ mm}$); 테스트 환경은 항온($20 \pm 1^\circ\text{C}$) 또는 고온 제어($\pm 10^\circ\text{C}$)입니다. 교정은 표준 샘플(예: 강철, 약 $50 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ K_{IC})을 사용하여 이루어집니다. 인성 시험은 동적 하중 하에서 폴리브덴 시트의 파괴 저항을 보장하며 고온 노즐 및 반도체 기관에 적합합니다.

6.10 폴리브덴 시트의 연성에 대한 시험 방법

폴리브덴 시트의 연성에 대한 시험 방법은 파단 신율(5-15%) 및 소성 변형 능력을 측정하고 성형 특성을 평가하는 데 사용되며 박막 증착 및 유연한 기관에 적합합니다. 가장 일반적인 방법은 범용 재료 시험기(예: MTS 기준, 하중 1-100kN, 정확도 $\pm 0.5\%$)를 사용하는 인장 테스트 방법입니다. 테스트 프로세스에는 다음이 포함됩니다: 1) 샘플 준비, 폴리브덴 시트 절단 (ASTM E8 표준, 너비 5-10 mm, 두께 0.01-3 mm), $R_a \leq 0.4$ 미크론으로 연마; 2) 테스트 설정, 샘플은 고정 장치에 고정되고 1-10mm/min 의 속도로 파괴되도록 늘어나고 변형 곡선이 기록됩니다. 3) 데이터 분석, 파단 신율($\Delta L/L \times 100\%$) 및

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

면적 감소율을 계산하고 테스트를 3-5 회 반복하여 평균값을 취합니다. 4) 고온 연성 테스트(1000-1200°C)는 연성(최대 20%)을 개선하기 위해 진공 또는 아르곤 보호(순도 $\geq 99.99\%$)가 필요합니다. 요점은 다음과 같습니다 : 균일 한 힘을 보장하기 위해 고정 장치 정렬 정확도 ($<0.1 \text{ mm}$); 테스트 환경은 항온($20\pm 1^\circ\text{C}$) 또는 고온 제어($\pm 10^\circ\text{C}$)입니다. 샘플 표면에는 조기 파괴를 방지하기 위해 결함이 없습니다. 연성 테스트는 몰리브덴 시트의 플라스틱 가공 능력을 검증하여 스탬핑 및 정밀 가공에 대한 적합성을 보장합니다.

6.11 몰리브덴 시트의 피로 특성에 대한 시험 방법

몰리브덴 시트의 피로 특성에 대한 시험 방법은 반복 하중 하에서 내구성을 평가하고 피로 한계(약 400-500 MPa, 10^7 사이클)를 측정하는 데 사용되며 항공 우주 및 고온 진동 환경에 적합합니다. 가장 일반적인 방법은 피로 시험기(예: MTS 810, 하중 1-100kN, 주파수 10-100Hz)를 사용하는 고주기 피로 시험 방법입니다. 테스트 프로세스에는 다음이 포함됩니다 : 1) 샘플 준비, 몰리브덴 시트 (ASTM E466, 너비 5-10 mm, 두께 0.1-3 mm) 절단, $R_a \leq 0.4$ 미크론으로 연마; 2) 테스트 설정, 순환 응력 적용(응력 비율 $R=0.1-0.5$), 주파수 20-50Hz, 중단까지 주기 기록 또는 최대 10^7 회; 3) 데이터 분석, S-N 곡선 그리기, 피로 한계 결정, 아르곤 보호 (순도 $\geq 99.99\%$)는 고온 테스트 (1000°C)에 필요합니다. 4) 테스트를 5 회 반복하여 평균을 구합니다. 요점은 다음과 같습니다 : 샘플 표면은 굽힘이 없어야 합니다 (초음파로 청소). 응력 제어 정확도($\pm 1\text{MPa}$)는 일관성을 보장합니다. 교정에는 표준 재료(예: 스테인리스강)가 사용되며 피로 한계는 약 200MPa 입니다. 피로 시험은 터빈 블레이드 지지대 및 원자로 구성 요소에서 몰리브덴 시트의 장기적인 안정성을 보장합니다.

6.12 몰리브덴 시트의 내식성 시험 방법

몰리브덴 시트의 내식성에 대한 시험 방법은 화학 매체(예: 비산화성 산, 염기)에서 안정성을 평가하고 부식 속도(10% 염산에서 $<0.01\text{mm/년}$)를 측정하는 데 사용되며 화학 장비 라이닝에 적합합니다. 일반적으로 사용되는 방법은 침지 부식 시험 방법과 전기 화학 시험 방법입니다. 침지 부식 테스트 방법은 부식 테스트 챔버(예: Q-FOG CCT, $20-80^\circ\text{C}$)를 사용합니다. 테스트 프로세스에는 1) 샘플 준비, 몰리브덴 시트 ($20\times 20 \text{ mm}$, 두께 0.1-3 mm) 절단, $R_a \leq 0.4$ 미크론으로 연마, 초음파 세척, 2) 테스트 설정, 부식성 매체 (예 : 10% 염산, 황산 또는 NaOH, pH 1-14)에 담그기 $20-60^\circ\text{C}$ 에서 168-720 시간; 3) 데이터 분석, 샘플의 질량 손실 계량(정확도 $\pm 0.1 \text{ mg}$), 부식 속도(mm/년) 계산 및 테스트 3 회 반복. 전기화학 테스트 방법은 전기화학 워크스테이션(예: $\pm 0.01\text{mV}$ 의 정확도를 가진 Gamry Interface 1010)을 사용하여 Tafel 곡선을 통해 부식 전위와 전류 밀도를 측정하고 샘플을 전해 전지(예: 3.5% NaCl)에 넣습니다. 핵심 사항은 다음과 같습니다: 집중력을 유지하기 위해 미디어를 정기적으로 교체해야 합니다. 샘플 표면에는 산화물 층이 없습니다. 보정은 표준 전극(예: Ag/AgCl)을 사용하여 수행됩니다. 내식성 테스트는 화학 반응기 및 전극 재료에서 몰리브덴 시트의 안정성을 보장합니다.

6.13 몰리브덴 시트의 내산화성을 위한 시험 방법

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

몰리브덴 시트의 내산화성에 대한 시험 방법은 고온 산화 환경에서의 안정성을 평가하고 산화 시작 온도(약 600°C) 및 질량 손실률을 측정하는 데 사용되며 진공로 및 항공 우주 부품에 적합합니다. 일반적으로 사용되는 방법은 열중량 분석(TGA) 및 고온 산화 테스트입니다. TGA 방법은 열중량 분석기(예: TA Instruments Q500, 25-1500°C, 정확도 $\pm 0.1\%$)를 사용합니다. 테스트 프로세스에는 다음이 포함됩니다: 1) 샘플 준비, 몰리브덴 시트 (10-20 mg, 두께 0.1-1 mm) 절단, $Ra \leq 0.4$ 미크론으로 연마; 2) 테스트 설정, 공기 또는 아르곤 (순도 $\geq 99.99\%$) 분위기에서 5-10 °C / min 에서 600-1500 °C 로 온도 상승, 품질 변화 기록; 3) 데이터 분석, 산화 시작 온도(질량 증가 또는 MoO_3 휘발점)를 결정하고 테스트를 3 회 반복합니다. 고온 산화 시험 방법은 고온로(예: Carbolite Gero, 온도 600-1500°C)에서 수행하고, 몰리브덴 시트를 공기에 노출시키고 1-4 시간 동안 배양하고, 표면 산화물 층 두께를 SEM(600°C 에서 1 미크론 <)으로 관찰합니다. 주요 내용은 다음과 같습니다: 테스트 대기는 정밀하게 제어되어야 합니다(산소 함량은 아르곤에서 10ppm<). 샘플의 표면은 깨끗하고 결함이 없습니다. 교정에는 표준 샘플(예: 텅스텐)이 사용됩니다. 내산화성 테스트는 고온 환경에서 몰리브덴 시트의 안정성을 확인하고 진공 또는 불활성 대기에서 적합성을 보장합니다.

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 몰리브덴 시트

장 7 몰리브덴 시트의 적용 분야

7.1 전자정보 분야에서의 몰리브덴 시트의 적용

몰리브덴 시트 는 전기 전도성(저항률 약 $5.2 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$)이 우수하고 열전도율(약 $138 W/m \cdot K$), 낮은 열팽창 계수(약 $4.8 \times 10^{-6}/^{\circ}C$) 및 높은 융점($2620^{\circ}C$)으로 전자 정보 분야, 특히 반도체 제조, 전극 재료 및 리드 프레임 분야에서 광범위하게 응용됩니다. 고순도 몰리브덴 시트($\geq 99.95\%$)는 불순물 함량이 낮고 표면 품질($Ra \leq 0.4$ 마이크로)이 우수하여 전자 산업에서 고정밀 장치의 핵심 재료가 되었습니다. 정밀 가공과 엄격한 품질 관리를 통해 CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트는 반도체, 마이크로อิเล็กทรอนิกส์ 및 광전자 산업의 높은 기준을 충족합니다.

7.1.1 반도체에 몰리브덴 시트의 적용

몰리브덴 칩은 주로 반도체 산업에서 스퍼터링 타겟 및 방열 기관으로 사용되며 박막 트랜지스터(TFT), 집적 회로 및 태양 전지의 제조에 널리 사용됩니다. 스퍼터링 타겟용 몰리브덴 시트(두께 $0.05-1mm$, 순도 $\geq 99.95\%$)는 마그네트론 스퍼터링에 의해 증착되어 액정 디스플레이(LCD), 유기 발광 다이오드(OLED) 및 광전지의 전극에 사용되는 전도성 층 또는 장벽층을 형성합니다. 낮은 저항률과 높은 균일성(입자 크기 $5-20\mu m$)은 필름이 전기적으로 안정적이며 $10-50nm/min$ 의 속도로 증착될 수 있음을 보장합니다.

몰리브덴 시트의 낮은 열팽창 계수는 실리콘($2.6 \times 10^{-6}/^{\circ}C$)과 유사합니다.) 및 세라믹 기관은 열 응력을 줄이고 장치 수명을 향상시키기 위해 열적으로 일치합니다. 방열 기관(두께 $0.1-2mm$)으로 몰리브덴 시트는 열 관리를 위한 전력 반도체(예: IGBT 모듈)에

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

사용되며, 효율적인 방열 및 최대 150-200°C의 작동 온도를 위한 높은 열전도율을 가지고 있습니다. 생산에서 몰리브덴 시트는 표면 품질($R_a \leq 0.4$ 미크론)과 치수 정확도(허용 오차 ± 0.005 mm)를 최적화하기 위해 냉간 압연 및 진공 어닐링(1100-1300°C)됩니다. 장점으로는 고순도, 감소된 입자 경계 저항 및 낮은 가스 방출 속도($<10^{-8}$ mbar·L/s)는 진공 환경의 안정성을 보장하며 칩 제조 및 5G 통신 장비에 널리 사용됩니다.

7.1.2 전극 재료에 몰리브덴 시트 적용

몰리브덴 시트는 주로 고온 진공로, X 선관 및 전극 재료의 전기 화학 장비에 사용되며 높은 용점과 우수한 전기 전도성으로 인해 우수한 성능을 발휘합니다. 고순도 몰리브덴 시트 (두께 0.1-2mm, 순도 $\geq 99.95\%$)는 1500-2000 °C의 고온을 견디며 진공로의 가열 전극 또는 지지 전극으로 사용되며 인장 강도 (1200 °C에서 약 500 MPa)는 장기적인 안정성을 보장합니다. X 선관에서 몰리브덴 시트는 양극 타겟 또는 지지 재료(0.5-3mm 두께)로 사용되며, 높은 전도성과 전자 충격에 대한 내성은 고에너지 X 선 생성을 지원하며, 표면 거칠기($R_a \leq 0.4$ 미크론)는 방사선 균일성을 보장합니다. 전기 화학 분야에서 몰리브덴 시트는 부식 속도가 <0.01 mm/년인 10% 염산과 같은 비산화성 산에 대한 우수한 내식성으로 인해 염소 또는 수소 가스의 전기분해용 전극으로 사용됩니다. 생산 시 몰리브덴 시트는 표면 품질을 최적화하기 위해 냉간 압연 및 연마되며 수소 어닐링(800-1100°C)은 내부 응력을 줄입니다. 몰리브덴 전극의 장점은 낮은 저항률과 높은 화학적 안정성, 전극 손실 감소를 포함하며 산업용 전해조 및 의료 영상 장비에 사용하기에 적합합니다.

7.1.3 리드 프레임에 몰리브덴 시트 적용

몰리브덴 시트는 리드 프레임에서 반도체 패키지의 지지 및 전도성 부품으로 사용되며 집적 회로(IC) 및 발광 다이오드(LED) 패키지에 널리 사용됩니다. 몰리브덴 시트 (0.1-0.5 mm 두께, 순도 $\geq 99.95\%$)는 실리콘 및 세라믹에 대한 열팽창 계수 ($4.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)와 일치하기 때문에 포장 공정에서 열 응력을 효과적으로 줄이고 장치의 신뢰성을 향상시킬 수 있습니다. 높은 전도성은 $<1\%$ 의 전류 전송 손실로 리드 프레임의 저저항 연결을 보장합니다. 몰리브덴 시트의 기계적 강도(인장 강도 800-1000 MPa) 및 연성(파단 신율 5-10%)은 복잡한 형상의 스탬핑을 지원하고 표면 연마($R_a \leq 0.4$ 미크론)는 용접 성능을 향상시킵니다. 생산에서 몰리브덴 시트는 입자 구조(5-20 미크론)를 최적화하기 위해 ± 0.005 mm의 치수 공차, 진공 어닐링(800-1100°C)으로 냉간 압연 및 정밀 절단 공정으로 준비됩니다. 몰리브덴 칩 리드 프레임의 장점은 높은 열전도율(138W/m·K), 효율적인 방열 지원, 고온 저항 및 리플로 납땜(250-300°C)에 대한 적응성을 포함하며 이는 전력 장치, 마이크로프로세서 및 LED 칩 패키징에 널리 사용됩니다.

7.2 사파이어 결정 성장로에 몰리브덴 시트의 적용

몰리브덴 시트는 높은 용점 (2620 °C), 우수한 열 안정성 (1500 °C에서 약 500 MPa의 강도), 낮은 열팽창 계수 (약 $4.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$) 및 우수한 열전도율 (약 138 W / m · K)로 인해 사파이어 결정 성장로에 널리 사용되며 주로 반사 스크린, 커버 및 기타 주요 구성

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

요소의 제조에 사용됩니다. 사파이어 결정(Al_2O_3) 성장로(예: Chaister's 또는 열교환기)는 고온($2050-2100^\circ\text{C}$) 및 진공 또는 불활성 대기에서 작동해야 하므로 폴리브덴 시트는 고온 특성과 크리프 저항(크리프 속도 $10^{-6}/\text{s}$)에 이상적입니다. 고순도 ($\geq 99.95\%$) 및 정밀 가공 공정을 통해 CTIA GROUP LTD 폴리브덴 시트는 사파이어 성장로의 고온 저항, 내식성 및 열 관리의 높은 요구 사항을 충족합니다. 다음은 반사 스크린 및 커버에 있는 폴리브덴 시트의 특정 응용 프로그램, 성능 요구 사항 및 기술적 이점에 대한 자세한 설명입니다.

7.2.1 폴리브덴 시트 생산을 위한 사파이어 결정 성장로의 반사 스크린

폴리브덴 시트는 주로 열장 관리를 위해 사파이어 결정 성장로에서 반사 스크린으로 사용되며 복사열을 반사하여 용광로의 온도 분포를 최적화하여 균일한 결정 성장을 보장합니다. 반사 스크린은 일반적으로 냉간 압연 및 진공 어닐링($1100-1300^\circ\text{C}$)으로 준비된 고순도 폴리브덴 시트(순도 $\geq 99.95\%$, 두께 $0.1-2\text{mm}$)로 만들어지며 입자 크기는 강도와 인성의 균형을 맞추기 위해 $5-20$ 마이크로미터로 제어됩니다. 반사 스크린의 표면은 열 복사의 반사율(약 $0.8-0.9$)을 개선하고 열 손실을 줄이기 위해 $R_a \leq 0.4$ 마이크로미터로 연마해야 합니다. 폴리브덴 시트의 낮은 열팽창 계수는 사파이어 도가니(약 $5 \times 10^\circ\text{C}$)와 잘 일치하여 고온($< 50\text{MPa}$)에서 열 응력을 감소시킵니다. 폴리브덴 시트의 인장 강도 (약 $400-500\text{MPa}$)는 진공 또는 아르곤 분위기에서 휘발성 MoO_3 를 생성하지 않고 진공 또는 아르곤 분위기 (산소 함량 $< 10\text{ppm}$)에서 구조적 안정성과 산화 저항을 보장합니다. 생산에서 반사 스크린은 정밀 스탬핑 또는 레이저 절단으로 형성되며 치수 공차는 열장의 균일성을 보장하기 위해 $\pm 0.01\text{mm}$ 입니다. 그 장점은 높은 열전도율, 효과적인 열전도율, 우수한 고온 저항 및 연장된 수명(> 1000 시간)을 포함하며, 이는 LED 기판 및 광학 창용 사파이어 결정 생산에 널리 사용됩니다.

7.2.2 사파이어 결정 성장로 덮개의 생산을 위한 폴리브덴 장

폴리브덴 시트는 사파이어 결정 성장로에서 커버 플레이트로 사용되어 도가니를 밀봉하거나 열 누출 및 불순물에 의한 오염으로부터 용광로 내부의 열장을 보호합니다. 커버 플레이트는 일반적으로 열간 압연 또는 냉간 압연 공정으로 준비된 고순도 폴리브덴 시트(순도 $\geq 99.95\%$, 두께 $0.5-3\text{mm}$)로 만들어지며 인장 강도는 $800-1000\text{MPa}$, 연성(과단 신율 $5-10\%$)으로 복잡한 형상 가공을 지원합니다. 뚜껑 표면은 가스 흡착을 줄이고 용광로의 진공(10^{-4}Pa)을 보장하기 위해 산세 또는 광택($R_a \leq 0.4\text{ }\mu\text{m}$)해야 합니다. $2050-2100^\circ\text{C}$ 의 고온에서 폴리브덴 시트의 열 안정성(아르곤에서 질량 손실률 $< 0.1\%$)과 크리프 저항(크리프 속도 $10^{-6}/\text{s}$)은 덮개가 오랫동안 변형되지 않도록 합니다. 생산에서 커버 플레이트는 $\pm 0.02\text{mm}$ 의 치수 정확도로 CNC 가공 또는 스탬핑 및 성형되며 응력 집중을 피하기 위해 가장자리를 디버링해야 합니다.

폴리브덴 시트 커버 플레이트의 장점은 높은 열전도율($138\text{W/m}\cdot\text{K}$), 열장 안정성 및 낮은 가스 방출률($< 10^{-8}\text{ mbar}\cdot\text{L/s}$)을 포함합니다. L/s) Chai 방법 또는 열교환 방법 성장로에 적합한 용광로의 깨끗한 환경을 유지합니다. 사파이어 결정 생산에서 결정 순도(불순물 $< 10\text{ppm}$)와 성장 효율을 향상시키며, 스마트폰 화면 및 레이저 기판의 사파이어 제조에 널리 사용됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.3 진공로에 몰리브덴 시트의 적용

몰리브덴 시트는 높은 용점 (2620 °C), 우수한 고온 강도 (1500 °C 에서 약 500 MPa), 낮은 열팽창 계수 (약 $4.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$) 및 우수한 열전도율 (약 138 W/m K)로 인해 진공로에서 널리 사용되며 주로 반사 스크린, 가열 열 및 커넥터의 제조에 사용됩니다. 진공로(예: 고온 소결로, 열처리로)는 일반적으로 1000-2000°C 에서 진공 또는 불활성 분위기(10^{-5} Pa, 산소 함량 <10ppm)에서 작동해야 하며 몰리브덴 시트의 크리프 저항(크리프 속도 $10^{-6}/\text{s}$) 및 낮은 가스 방출 속도(< 10^{-8} mbar·L/s)는 이상적인 소재입니다.

고순도($\geq 99.95\%$) 및 정밀 가공 공정을 통해 CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트는 고온 저항, 내식성 및 열 관리에 대한 진공로의 높은 요구 사항을 충족합니다. 다음은 반사 스크린의 몰리브덴 시트, 진공로의 열 가열 및 커넥터의 특정 응용 프로그램, 성능 요구 사항 및 기술적 이점에 대한 자세한 설명입니다.

7.3.1 몰리브덴 시트 생산을 위한 진공로의 반사 스크린

몰리브덴 시트는 주로 열장 관리를 위해 진공로에서 반사 스크린으로 사용되어 복사열을 반사하여 용광로의 온도 분포를 최적화하고 재료 소결 또는 열처리의 균일성을 보장합니다. 반사 스크린은 냉간 압연 및 진공 어닐링(1100-1300°C)으로 준비된 고순도 몰리브덴 시트(순도 $\geq 99.95\%$, 두께 0.1-2mm)로 만들어지며 입자 크기는 강도와 인성의 균형을 맞추기 위해 5-20 미크론으로 제어됩니다. 표면은 $R_a \leq 0.4$ 미크론으로 연마되어 열 복사의 반사율 (약 0.8-0.9)을 향상시키고 열 손실을 줄입니다. 몰리브덴 시트의 낮은 열팽창 계수는 용광로의 세라믹 또는 금속 부품과 일치하여 고온(<50MPa)에서 열 응력을 줄입니다. 1500-2000°C 의 진공 환경에서 몰리브덴 시트의 인장 강도(약 400-500 MPa)는 구조적 안정성을 보장하고 내산화성은 휘발성 MoO_3 의 형성을 방지합니다. 생산에서 반사 스크린은 레이저 절단 또는 스탬핑 및 성형되며 치수 공차는 열장의 균일성을 보장하기 위해 $\pm 0.01\text{mm}$ 입니다. 그 장점은 높은 열전도율, 효과적인 열전도율, 우수한 고온 저항 및 긴 수명(> 1000 시간)을 포함하며 세라믹 소결로 및 반도체 재료 열처리로에 널리 사용됩니다.

7.3.2 몰리브덴 시트 생산을 위한 진공로에서의 가열

몰리브덴 시트는 고온 소결 또는 열처리 공정을 지원하기 위해 발열체로 저항 열을 직접 생성하기 위해 진공로에서 가열 열로 사용됩니다. 모발 센터는 고순도 몰리브덴 시트(순도 $\geq 99.95\%$, 두께 0.1-1mm)로 인장 강도 800-1000MPa, 저항 약 $5.2 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{m}$ 로 냉간 압연 공정으로 준비하여 효율적인 전기-열 변환을 보장합니다. 가스 흡착을 줄이고 진공(10^{-5} Pa)을 유지하기 위해 표면을 연마하거나($R_a \leq 0.4 \mu\text{m}$) 산세를 해야 합니다. 1500-1800°C 에서 몰리브덴 시트의 열 안정성(질량 손실률 < 0.1%) 및 크리프 저항(크리프 속도 10^{-6})은 열이 오랫동안 변형되지 않도록 합니다. 생산에서 모발 열은 너비 5-50mm, 용광로 유형에 따라 맞춤화된 길이 및 $\pm 0.02\text{mm}$ 의 치수 공차로 정밀 스탬핑 또는 와이어 절단으로 형성됩니다. 발열의 장점은 높은 전도성, 급격한 온도 상승 지원(속도 10-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

20°C/min), 고온 저항, 진공 또는 아르곤 분위기에 대한 적응성, 금속 합금 소결 및 단결정 재료 성장로에 적합하다는 것을 포함합니다. 효율적인 열 변환은 용광로의 에너지 이용률을 증가시킵니다(>90%).

7.3.3 폴리브덴 시트 생산을 위한 진공로의 커넥터

폴리브덴 시트는 진공로의 커넥터로 사용되어 반사 스크린, 열 열 또는 기타 구성 요소를 고정하거나 연결하여 열장 구조의 안정성을 보장합니다. 커넥터는 열간 압연 또는 냉간 압연으로 준비된 고순도 폴리브덴 시트(순도≥99.95%, 두께 0.5-3mm)로 만들어지며 인장 강도는 800-1000MPa, 연성(파단 신율 5-10%)으로 스탬핑 또는 굽힘을 지원합니다. 표면 산세 또는 연마($R_a \leq 0.4$ 미크론)는 가스 방출 속도를 줄이고 용광로의 깨끗한 환경을 유지합니다. 1500-2000°C 의 고온에서 폴리브덴 시트의 크리프 저항과 낮은 열팽창 계수는 커넥터가 변형되거나 느슨해지지 않도록 합니다. 생산 시 커넥터는 CNC 가공 또는 레이저 절단으로 $\pm 0.01\text{mm}$ 의 허용 오차로 준비되고 가장자리는 응력 집중을 피하기 위해 디버링됩니다. 그 장점으로는 복잡한 구조에 대한 고강도 지원, 높은 열전도율(138W/m·K) 및 보조 열장 균일성을 포함하여 고온 진공로의 지지 프레임 및 고정 장치에 적합합니다. 연결은 세라믹, 금속 및 복합 열처리 용광로에서 구조적 신뢰성과 서비스 수명을 향상시킵니다.

7.4 플라즈마 코팅에 폴리브덴 시트 적용

폴리브덴 시트는 높은 전도성 (저항 약 $5.2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$), 우수한 열 안정성 (용점 2620°C), 낮은 열팽창 계수 (약 $4.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$) 및 높은 순도 ($\geq 99.95\%$)로 인해 플라즈마 코팅에 사용되며, 특히 마그네트론 스퍼터링 공정에서 스퍼터링 타겟으로 사용됩니다. 플라즈마 코팅은 진공 환경에서 플라즈마로 대상의 표면을 폭격하여 박막을 증착하는 기술로, 반도체, 디스플레이, 태양전지 제조 등에 널리 사용되고 있습니다. CTIA GROUP LTD 폴리브덴 시트는 정밀 가공과 엄격한 품질 관리를 통해 고순도, 표면 품질 및 치수 정확도에 대한 플라즈마 코팅의 엄격한 요구 사항을 충족합니다. 다음은 스퍼터링 타겟으로서의 폴리브덴 시트의 특정 응용 프로그램, 성능 요구 사항 및 기술적 이점에 대해 자세히 설명합니다.

7.4.1 플라즈마 코팅을 위한 스퍼터링 타겟으로서의 폴리브덴 시트

폴리브덴 시트는 플라즈마 코팅의 스퍼터링 타겟으로 사용되며, 폴리브덴 필름은 마그네트론 스퍼터링에 의해 증착되어 전도층, 배리어 층 또는 전극을 형성하며, 이는 박막 트랜지스터(TFT), 유기 발광 다이오드(OLED), 태양 전지 및 집적 회로 제조에 널리 사용됩니다. 스퍼터링 타겟은 냉간 압연 및 진공 어닐링(1100-1300°C)으로 준비된 고순도 폴리브덴 시트(순도 $\geq 99.95\%$, 두께 0.05-1mm)로 만들어지며 입자 크기는 증착된 필름의 균일성을 보장하기 위해 5-20 미크론으로 제어됩니다. $R_a \leq 0.4$ 미크론까지의 표면 연마, 스퍼터링 중 입자 분사 감소 및 필름 품질 향상(결함 밀도 $< 10/\text{cm}^2$). 폴리브덴 시트의 낮은 저항률과 높은 열전도율(138 W/m·K)은 10-50 nm/min 의 증착 속도로 고효율 플라즈마 충격을 지원하며, 낮은 열팽창 계수는 열 응력($< 50 \text{ MPa}$)을 줄이기 위해 실리콘

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

기관($2.6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)의 열팽창 계수와 일치합니다. 생산 시 몰리브덴 시트 타겟은 $\pm 0.005\text{mm}$ 의 치수 공차로 레이저 절단 또는 CNC 가공으로 형성되며, 불순물(철, 구리 < 20ppm) 및 가스 방출 속도($< 10^{-8} \text{ mbar}\cdot\text{s}$)는 진공 환경(10^{-6} Pa)을 유지하기 위해 엄격하게 제어됩니다. 그 장점은 고순도, 박막의 안정적인 전기적 특성, 우수한 내식성(아르곤 분위기 하에서), 목표 수명(> 1000 시간) 연장을 포함하며 LCD, OLED 디스플레이 및 광전지의 전극 증착에 널리 사용됩니다.

7.5 야금 산업에서의 몰리브덴 시트 적용

몰리브덴 시트는 높은 용점 (2620°C), 우수한 고온 강도 (1500°C 에서 약 500 MPa) 및 내식성 (부식 속도 $< 0.01 \text{ mm} / \text{년}$)으로 인해 야금 산업에서 널리 사용됩니다. 몰리브덴은 강철의 강도, 인성 및 내식성을 크게 향상시킬 수 있으며 고성능 합금강 생산에 적합합니다. 분말 야금 및 압연 공정을 통해 CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트는 성능과 비용 간의 균형에 대한 야금 산업의 요구를 충족하는 고품질 첨가제 재료를 제공합니다. 다음은 제강 첨가제로서의 몰리브덴 시트의 적용, 성능 요구 사항 및 기술적 이점에 대해 자세히 설명합니다.

7.5.1 몰리브덴 시트를 제강에서 첨가제로 적용

몰리브덴 시트는 고강도 저합금강(HSLA), 스테인리스강 및 공구강을 생산하여 인장 강도(20-30% 증가 가능), 내마모성 및 내식성을 향상시키기 위해 제강에서 첨가제로 사용됩니다. 몰리브덴 시트 (두께 $0.5\text{--}3\text{mm}$, 순도 99-99.9 %)는 열간 압연 또는 냉간 압연으로 준비되며 일반적으로 너비가 $10\text{--}50\text{mm}$ 이고 길이가 $100\text{--}500\text{mm}$ 로 전기로 또는 변환기와 같은 제강로에서 용융 및 첨가하는 데 편리합니다. 몰리브덴 시트의 첨가는 일반적으로 강철 무게의 0.1-1%이며, 기계적 특성(예: $1000\text{--}1500 \text{ MPa}$ 의 인장 강도)은 강철의 입자 섬도 및 상변형 강화(예: 마르텐사이트 형성)를 증가시킴으로써 크게 향상됩니다. 고온 제강 환경($1500\text{--}1600^\circ\text{C}$)에서 몰리브덴 시트(철, 구리 < 100ppm)의 불순물 함량이 낮아 유해 원소가 유입되지 않고 표면 산세(R_a 0.8-1.6 미크론)가 가스 함유를 줄입니다. 생산에서 몰리브덴 시트는 균일한 용융을 용이하게 하기 위해 $\pm 0.05\text{mm}$ 의 치수 공차로 작은 조각으로 전단되거나 분쇄됩니다. 안정적인 첨가 공정을 위한 높은 용점 및 화학적 안정성, 빠른 용융을 위한 높은 열전도율($138 \text{ W/m}\cdot\text{K}$)을 장점으로 하며, 압력 용기 강, 내식성 합금강과 같은 자동차, 해양 및 건설 산업의 고장력강 생산에 널리 사용됩니다.

7.6 고온로 구조에서 몰리브덴 시트의 적용

몰리브덴 시트는 높은 용점(2620°C), 우수한 고온 강도(1500°C 에서 약 500MPa), 낮은 열팽창 계수(약 $4.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$) 및 우수한 열전도율(약 $138 \text{ W/m}\cdot\text{K}$)로 인해 고온로 구조 부품에 널리 사용되며 주로 방열판 및 발열체에 사용됩니다. 고순도 몰리브덴 시트($\geq 99.95\%$) 또는 TZM 합금 몰리브덴 시트는 크리프 저항(크리프 속도 $10^{-6} / \text{s}$)과 낮은 가스 방출 속도($< 10^{-8} \text{ mbar}\cdot\text{s}$)로 알려져 있습니다. L/s 진공 또는 불활성 분위기(아르곤, 산소 함량 < 10ppm)의 고온 용광로(예: 소결로, 열처리로). 정밀 가공과 엄격한 품질 관리를 통해 CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트는 고온 저항, 내식성 및 열 관리에 대한 고온 용광로의 높은

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

요구 사항을 충족합니다. 다음은 방열판 및 발열체에서 몰리브덴 시트의 특정 응용 프로그램, 성능 요구 사항 및 기술적 이점에 대한 자세한 설명입니다.

7.6.1 방열판에 몰리브덴 시트 적용

몰리브덴 시트는 고온로의 열 차폐로 사용되어 복사열을 반사 및 차폐하여 용광로의 열장 분포를 최적화하고 에너지 손실을 줄이며 온도 균일성을 향상시킵니다. 방열판은 냉간 압연 및 진공 어닐링(1100-1300°C)으로 제조된 고순도 몰리브덴 시트(순도 $\geq 99.95\%$, 두께 0.1-2mm)로 만들어지며 입자 크기는 강도와 인성의 균형을 맞추기 위해 5-20 미크론으로 제어됩니다. 표면은 $R_a \leq 0.4$ 미크론으로 연마되어 열 복사의 반사율 (약 0.8-0.9)을 향상시키고 열 손실을 효과적으로 줄입니다. 몰리브덴 시트의 낮은 열팽창 계수는 용광로의 세라믹 또는 텅스텐 부품과 일치하여 고온 (<50 MPa)에서 열 응력을 줄입니다. 몰리브덴 시트의 인장 강도(약 400-500 MPa)와 내산화성은 장기적인 안정성을 보장하고 1500-2000°C 의 진공 또는 아르곤 환경에서 휘발성 MoO_3 의 형성을 방지합니다. 생산에서 방열판은 $\pm 0.01mm$ 의 치수 공차로 레이저로 절단되거나 스탬핑되며 단열 효과를 향상시키기 위해 여러 층(3-5 층)으로 적층됩니다. 그 장점은 높은 열전도율, 안정적인 열장 지원, 우수한 고온 저항 및 긴 수명(> 1000 시간)을 포함하며 세라믹 소결로, 단결정 성장로 및 고온 열처리기에 널리 사용됩니다.

7.6.2 발열체에 몰리브덴 시트의 적용

몰리브덴 시트는 고온로에서 발열체로 사용되며 저항 가열을 통해 안정적인 고온 환경을 제공하여 소결, 어닐링 및 열처리 공정을 지원합니다. 발열체는 냉간 압연으로 준비된 고순도 몰리브덴 시트(순도 $\geq 99.95\%$, 두께 0.1-1mm)로 만들어지며 인장 강도는 800-1000MPa 이고 저항은 약 $5.2 \times 10^{-5} \Omega \cdot m$ 입니다. 표면 연마 또는 산세($R_a \leq 0.4$ 미크론)는 가스 흡착을 줄이고 진공(10^{-5} Pa)을 유지합니다. 1500-1800°C 에서 몰리브덴 시트의 열 안정성(질량 손실률 < 0.1%) 및 크리프 저항(크리프 속도 10^{-9})은 변형되지 않도록 합니다. 생산에서 발열체는 폭 5-50mm, 로 유형에 따라 맞춤형 길이 및 $\pm 0.02mm$ 의 치수 공차로 정밀 스탬핑 또는 와이어 절단으로 형성됩니다. 높은 전기 전도성, 빠른 온도 상승(10-20°C/min), 고온 저항 및 진공 또는 불활성 대기에 대한 내성이 있어 금속 합금 소결로 및 반도체 재료 열처리기에 적합합니다. 몰리브덴 시트 발열체의 에너지 이용률이 높고(>90%) 용광로의 가열 효율이 크게 향상됩니다.

7.7 화학 장비의 부식 방지에 몰리브덴 시트의 적용

몰리브덴 시트는 우수한 내식성(10% 염산에서 부식률 <0.01mm/년), 고강도(인장 강도 800-1000 MPa) 및 화학적 안정성으로 인해 화학 장비에 널리 사용되며 주로 반응기 라이닝 및 파이프라인 구성 요소에 사용됩니다. 일반 순도 몰리브덴 시트 (99-99.9 %)는 비용 효율성으로 인해 비 산화성 산 (예 : 염산, 황산) 및 알칼리성 환경에서 널리 사용되지만 산화성 산 (예 : 진한 질산)은 MoO_3 형성을 방지하기 위해 피해야 합니다. CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트는 열간 압연 또는 냉간 압연 공정을 통해 내식성 및 기계적 특성에 대한 화학 장비의 요구 사항을 충족합니다. 다음은 반응기 라이닝 및 배관

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

구성 요소에서 몰리브덴 시트의 적용, 성능 요구 사항 및 기술적 이점에 대한 자세한 설명입니다.

7.7.1 반응기 라이닝에 몰리브덴 시트 적용

몰리브덴 시트는 부식성 매체로부터 주전자 본체를 보호하고 장비의 수명을 연장하기 위해 화학 반응기의 라이닝 재료로 사용됩니다. 내부 라이닝은 일반 순도 몰리브덴 시트(순도 99-99.9%, 두께 0.5-3mm)로 만들어지며 열간 압연 또는 냉간 압연, 표면 산세(Ra 0.8-1.6 마이크론)로 준비되어 청결과 내식성을 보장합니다. 염산 (10-20 %, 20-60 °C) 또는 황산 환경에서 몰리브덴 시트의 부식 속도는 0.01 mm / 년< 인장 강도 (700-900 MPa)는 오토 클레이브 (압력 1-10 MPa)의 구조적 요구 사항을 지원합니다. 생산 시 몰리브덴 라이너는 $\pm 0.05\text{mm}$ 의 치수 공차로 스탬핑 또는 용접되며 매체 누출을 방지하기 위해 매끄럽게 연결되어야 합니다. 그 장점은 비산화성 산에 대한 우수한 내성, 반응기 열 관리를 돕기 위한 높은 열전도율(138 W/m·K)을 포함하며 염화물 생산 및 유기산 합성 반응기에 널리 사용됩니다. 몰리브덴 시트 라이닝은 장비 내구성(수명>5 년)과 안전성을 크게 향상시킵니다.

7.7.2 파이프라인 성분에 있는 몰리브덴 장의 신청

몰리브덴 시트는 부식성 액체 또는 가스로부터 파이프라인을 보호하기 위해 화학 파이프라인 구성 요소의 라이닝 또는 지지대로 사용되며 산성 또는 알칼리성 매체를 운반하는 배관 시스템에 적합합니다. 파이프 부품은 일반 순도 몰리브덴 시트 (순도 99-99.9 %, 두께 0.2-2 mm)로 만들어지며, 냉간 압연, 연성 (파단 신율 5-10 %)으로 제작되어 굽힘 성형을 지원하고 표면 산세 (Ra 0.8-1.6 마이크론)하여 내식성을 보장합니다. 비산화 매체(예: 20% 염산, 부식 속도<0.01mm/년)에서 몰리브덴 시트는 스테인리스강보다 화학적으로 더 안정적입니다. 생산에서 몰리브덴 시트는 $\pm 0.02\text{mm}$ 의 치수 공차로 관형 라이닝에 스탬핑되거나 압연되고 용접 조인트는 부식 지점을 방지하기 위해 연마됩니다. 그 장점은 파이프 구조를 지지하는 고강도(700-900 MPa), 열 변형을 줄이기 위한 낮은 열팽창 계수를 포함하며 비료 생산 및 석유 화학 산업의 배관 시스템에 사용하기에 적합합니다. 몰리브덴 시트 배관 구성 요소는 시스템 내식성과 작동 안정성을 개선하고 유지 보수 간격을 연장합니다(> 3 년).

7.8 위성 부품에 몰리브덴 시트 적용

몰리브덴 시트는 고강도(인장 강도 800-1200 MPa), 낮은 열팽창 계수(약 $4.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$), 우수한 열전도율(약 138 W/m·K) 및 고온 저항(용점 2620°C)으로 인해 특히 안테나 구성 요소 및 열 제어 시스템 라디에이터. 위성은 극한의 우주 환경(-150°C to 150°C, 진공 10^{-7} Pa)에서 작동하므로 신뢰성이 높고 가스 방출률이 낮은(< 10^{-8} mbar·) 재료가 필요합니다. L/s) 및 방사선 저항. 고순도 몰리브덴 시트($\geq 99.95\%$) 또는 TZM 합금 몰리브덴 시트는 경량화, 열 관리 및 기계적 특성에 대한 위성의 요구 사항을 충족하기 위해 냉간 압연 및 진공 어닐링(1100-1300°C)됩니다. 높은 정밀도와 일관성을 갖춘 CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트는 통신 위성, 원격 감지 위성 및 심우주 탐사선의 핵심 부품으로 널리 사용됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

다음은 열 제어 시스템용 안테나 구성 요소 및 라디에이터에 있는 몰리브덴 칩의 특정 응용 프로그램, 성능 요구 사항 및 기술적 이점에 대해 자세히 설명합니다.

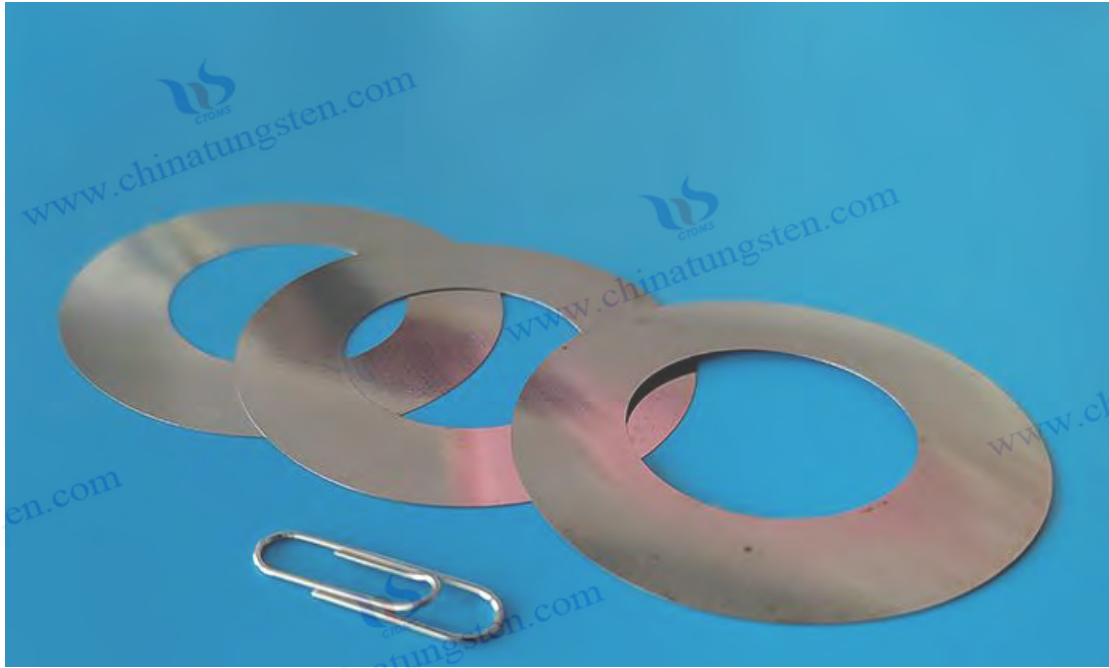
7.8.1 안테나 부품에 몰리브덴 시트 적용

몰리브덴 시트는 주로 위성 통신 안테나(예: 포물선 안테나 또는 위상 배열 안테나)의 구조적 안정성과 신호 전송 효율을 지원하기 위해 안테나 구성 요소의 지지 구조 또는 전도층으로 사용됩니다. 몰리브덴 시트 (두께 0.1-1mm, 순도 $\geq 99.95\%$)는 냉간 압연으로 제조되고 표면은 $Ra \leq 0.4$ 미크론으로 연마되어 높은 전기 전도성 (저항 약 $5.2 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$) 및 낮은 신호 손실($<0.1dB$). 낮은 열팽창 계수는 탄소 섬유 복합재와 같은 안테나 기관과 약 $2.5 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ 와 일치하여 열 순환으로 인한 변형(변형률 $<0.01\%$)을 줄입니다. 우주 진공 환경에서 몰리브덴 시트의 낮은 가스 방출 속도와 인장 강도(800-1000 MPa)는 방사선 및 미세 운석 충격에 대한 장기적인 안정성과 내성을 보장합니다. 생산에서 몰리브덴 시트는 치수 공차가 $0.005mm \pm$ 레이저 절단 또는 CNC 스탬핑으로 형성되고 응력 집중을 피하기 위해 가장자리가 디버링됩니다. 효율적인 신호 전송을 지원하는 높은 전도성, 진동 환경에 적응하는 우수한 피로 저항(약 400MPa, 10^7 사이클의 피로 한계)을 장점으로 하며, 신호 전송의 정확성과 신뢰성을 향상시키기 위해 위성 통신 안테나의 도파관 및 지지 프레임에 널리 사용됩니다.

7.8.2 열제어 시스템의 라디에이터에 몰리브덴 시트 적용

몰리브덴 시트는 효율적인 열전도와 복사열 방출을 통해 위성 전자 장비의 작동 온도($-50^{\circ}C$ to $100^{\circ}C$)를 유지하기 위해 위성 열 제어 시스템 라디에이터의 방열판 또는 열 복사 표면으로 사용됩니다. 몰리브덴 시트 (두께 0.05-0.5 mm, 순도 $\geq 99.95\%$)는 $Ra \leq 0.4$ 미크론의 표면 거칠기와 열 방사율 (약 0.8-0.9)의 증가와 함께 냉간 압연 및 연마 공정으로 제조됩니다. 높은 열전도율($138 W/m \cdot K$)은 전자 장치에서 발생하는 열을 효율적으로 전달하고 낮은 열팽창 계수는 열 응력을 줄이고 알루미늄 또는 세라믹 기관과의 열 호환성을 보장합니다. 몰리브덴 시트의 인장 강도(900-1200 MPa) 및 크리프 저항(크리프 속도 $10^{-6}/s$)은 공간 온도 차이 주기에서 구조적 안정성을 유지하고 방사선 저항은 재료 열화를 방지합니다. 생산에서 몰리브덴 시트는 $\pm 0.005mm$ 의 치수 공차로 정밀 스탬핑 또는 굽힘으로 형성되며 방열 효율을 향상시키기 위해 고방사율 코팅(예: 알루미늄)으로 코팅할 수 있습니다. 그 장점은 가벼운 무게 ($10.22g/cm^3$ 의 밀도, 텅스텐 $19.25g/cm^3$ 보다 우수), 빠른 방열을 지원하는 높은 열전도율, 통신 위성 및 과학 프로브의 열 제어 시스템에 널리 사용되며 극한의 우주 환경에서 장비의 안정적인 작동을 보장합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트

장 8 몰리브덴 시트 생산의 안전 및 환경 보호 문제

몰리브덴 시트 생산에는 몰리브덴 광석 채굴에서 선광, 정제, 분말 야금 및 압연에 이르기까지 여러 복잡한 공정이 포함되며, 각 공정은 안전 및 환경 문제를 야기할 수 있습니다. 안전 문제에는 발파 위험, 분진 폭발 및 고온 작동 위험이 포함되며 환경 문제에는 배기 가스, 폐수, 고형 폐기물 및 에너지 소비가 포함됩니다. CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트는 고효율 먼지 제거 시스템(먼지 농도 $< 10\text{mg/m}^3$), 폐수 재활용($>80\%$) 및 배기 가스 처리 장치(SO_2 제거율 $>95\%$)와 같은 첨단 안전 관리 및 환경 보호 기술을 채택하여 위험과 환경 영향을 효과적으로 줄일 수 있습니다.

8.1 몰리브덴 시트 생산의 안전 문제

몰리브덴 시트 생산의 안전 문제는 주로 채광, 선광 및 가공의 고위험 작업으로 인해 부상, 장비 손상 또는 생산 중단으로 이어질 수 있습니다. 다음은 채광, 선광 및 성형의 세 단계에서 주요 안전 문제와 대책을 분석합니다.

일. 채굴 단계 중 안전 문제

- o **발파 작업의 위험:** 노천 및 지하 광산에서 질산암모늄 또는 에멀전 폭발물을 사용하면 통제되지 않은 폭발이나 암석이 날아갈 위험이 있습니다. 부적절한 발파는 특히 지하 채광(폭 3-5m, 높이 3-4m)에서 광석체의 붕괴로 이어질 수 있습니다.
- o **분진 위험:** 몰리브데나이트(MoS_2) 분쇄 및 운반 시 많은 양의 분진(입자 크기 < 10 마이크론)이 발생하여 호흡기 질환 또는 분진 폭발(최소 폭발 농도 약 $30\text{-}50\text{g/m}^3$)을 유발할 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- **대책** : 정밀 발파 기술 (예 : 전자 기폭 장치, 제어 오류 <0.1 초)을 채택하여 암석 및 산사태의 위험을 줄입니다. 고효율 스프레이 먼지 억제 시스템(먼지 농도 < 10mg/m³)과 백 필터를 갖추고 있습니다. 보호 장비(방진 마스크, 고글) 착용 의무화 및 환기 시스템(지하 광산 공기량 ≥ 3m³/s·person) 구현.

이. 선풍 단계의 안전 문제

- **화학적 위험**: 부유 선풍 공정에 사용되는 크산테이트(부틸 크산테이트, 0.1-0.3kg/t) 및 발포제(예: 테르피네올)는 독성 및 휘발성이며 흡입 또는 접촉할 경우 중독이나 피부 손상을 유발할 수 있습니다.
- **기계적 손상**: 크러셔(75-500kW) 및 볼 밀(20-30rpm)은 특히 유지 보수 및 청소 중에 끼이거나 충격을 받을 위험이 있는 상태에서 작동합니다.
- **대책** : 부유 선풍제는 환기 및 배기 가스 처리 시스템 (활성탄 흡착)이 장착 된 밀폐 된 용기에 보관됩니다. 작업자는 화학 보호복과 인공 호흡기를 착용합니다. 장비에는 안전 실드와 비상 정지 장치가 장착되어 있으며 표준화된 작동을 보장하기 위해 정기적인 교육이 제공됩니다.

삼. 성형 공정의 안전 문제

- **고온 작동 위험**: 분말 야금 소결(1800-2000°C) 및 열간 압연(1000-1400°C)에는 고온 장비가 포함되며 화상 또는 화재 위험이 있습니다. 진공 또는 수소 소결로(수소 순도 ≥ 99.99%)의 누출은 폭발을 일으킬 수 있습니다.
- **분진 폭발 위험**: 물리브덴 분말(입자 크기 1-10 마이크론)은 압착 과정에서 고농도 분진 구름을 형성하기 쉬워 스파크 발생 시 폭발을 일으킬 수 있습니다.
- **대책** : 소결 및 압연 장비에는 자동 온도 제어 시스템 (정확도 ± 10 °C) 및 가스 누출 감지 (수소 농도 <4 %)가 장착되어 있습니다. 분말 압착 공장은 방폭형 집진기(분진 농도 < 5mg/m³)와 불활성 가스 보호 장치를 사용합니다. 작업자는 화기 작업에 대한 교육을 받았으며 절연 보호복을 착용하고 있습니다.

8.2 물리브덴 시트 생산의 환경 문제

물리브덴 시트의 생산 공정에서 환경 문제는 주로 폐가스, 폐수, 고형 폐기물 및 에너지 소비와 관련이 있으며, 이는 공기, 물 및 토양에 오염을 유발할 수 있습니다. 다음은 채광, 선풍 및 가공의 3 단계에서 주요 환경 문제와 대책을 분석합니다.

일. 채굴 단계에서의 환경 문제

- **폐암 및 광미 오염**: 노천 채굴 스트리핑 비율(3:1 에서 10:1)은 많은 양의 폐암과 광미를 생성하며, 이는 토양 침식 및 중금속(구리 및 철)의 누출로 이어질 수 있습니다.
- **분진 및 배기 가스 배출**: 발파 및 운송은 분진(PM10 농도 > 100mg/m³)과 기계적 배기 가스(NO_x, CO)를 생성하여 대기를 오염시킵니다.
- **대책**: 폐암과 광미를 별도로 쌓고 광미 되메우기 기술(되메우기

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

비율>50%)을 사용하여 토지 점유를 줄입니다. 스프레이 먼지 억제 및 백 먼지 제거 시스템 장착(먼지 제거율 >95%); 저유황 연료 및 배기 가스 정화 장치(NO_x 제거율>80%)를 사용하십시오.

이. 선풍 단계에서의 환경 문제

- o **폐수 오염**: 부유 선풍 공정은 크산테이트와 중금속(납, 구리), pH 8-10 을 포함하는 폐수를 생성하며, 직접 배출할 경우 수역(COD>100mg/L)을 오염시킬 수 있습니다.
- o **광미 처리**: 선풍 광미(몰리브덴 함량<0.05%)에는 황화물이 포함되어 있어 산화되어 산성 침출수(pH<4)를 형성하고 장기간 쌓인 후 토양과 지하수를 오염시킬 수 있습니다.
- o **대책**: 폐수는 응집 및 중화 (pH 조절을 6-8 로 조정)로 처리하며 재활용률은 > 80 %입니다. 광미는 건식 적층 또는 습식 적층에 의해 건조 또는 습식으로 보관되며 누출을 방지하기 위해 불침투성 멤브레인으로 덮여 있습니다. 선풍제의 회수(크산테이트 회수율>90%)는 배출량을 줄입니다.

삼. 정제 및 가공 단계에서의 환경 문제

- o **배기 가스 배출**: 산화 로스팅(550-650°C)은 SO_2 (농도>1000mg/m³)와 휘발성 MoO_3 를 생성하여 대기를 오염시킵니다. 수소 환원 (900-1100 °C)은 암모니아 (몰리브덴산 암모늄에서 분해)를 방출 할 수 있습니다.
- o **에너지 소비**: 분말 야금 및 압연 공정은 높은 에너지 소비(예: 100-500kW 소결로 전력)와 높은 탄소 배출량(몰리브덴 시트 톤당 약 5-10 톤 CO_2)을 가지고 있습니다.
- o **대책**: 습식 탈황 장치(SO_2 제거율 >95%)와 암모니아 처리를 위한 활성탄 흡착 시스템을 갖추고 있습니다. 소결 및 압연 공정의 최적화(예: 소결 온도를 1700°C 로 낮추기) 및 에너지 효율 향상(에너지 소비 20% 감소) 재생 가능한 에너지원(예: 태양광)으로 구동되어 탄소 발자국을 줄일 수 있습니다.

엄격한 안전 관리(예: 자동 모니터링 및 보호 장비) 및 환경 기술(예: 폐가스 및 폐수 처리 및 자원 재활용)의 구현을 통해 몰리브덴 시트 생산은 안전 위험과 환경 영향을 효과적으로 줄여 생산 공정이 국제 안전 표준(예: ISO 45001) 및 환경 규정(예: 중국 환경 보호법)을 준수하도록 할 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트

장 9 몰리브덴 시트에 대한 국내외 표준

고성능 재료로서 몰리브덴 시트는 전자, 항공 우주, 고온로 및 화학 산업에서 널리 사용되며 품질 및 성능 요구 사항은 엄격한 국내외 표준의 적용을 받습니다. 이 표준은 제품 일관성과 신뢰성을 보장하기 위해 화학적 조성, 기계적 특성, 치수 공차 및 몰리브덴 시트의 표면 품질과 같은 주요 매개변수를 지정합니다. CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트는 중국 국가 표준(GB) 및 국제 표준(예: ASTM, ISO)을 엄격히 준수하여 세계 시장 수요를 충족합니다. 이 장에서는 몰리브덴 시트에 대한 중국 국가 표준, 국제 표준 및 유럽, 미국, 일본, 한국 및 기타 국가의 관련 표준에 대해 자세히 설명하고 요구 사항 및 응용 시나리오를 분석합니다.

9.1 몰리브덴 시트에 대한 중국 국가 표준

중국 국가 표준(GB)에는 주로 중화인민공화국 표준화국에서 발행하고 중국에서 몰리브덴 시트의 생산 및 적용에 적용할 수 있는 몰리브덴 시트의 화학적 조성, 기계적 특성, 크기 및 가공 요구 사항에 대한 명확한 규정이 있습니다. 다음은 주요 관련 기준입니다.

일. GB/T 3462-2017 년

- o **적용 범위:** 몰리브덴 시트(두께 0.01-3mm), 몰리브덴 플레이트 및 몰리브덴 바를 포함하며 전자, 항공 우주 및 고온로 부품에 적합합니다.
- o **화학 성분 :** 고순도 몰리브덴 시트 (Mo1)는 $\geq 99.95\%$ 의 몰리브덴 함량과 $< 50\text{ppm}$ 의 불순물 함량 (예 : Fe, Ni, Cu)을 필요로 합니다. 일반 순수 몰리브덴 시트 (Mo2)의 몰리브덴 함량 $\geq 99.9\%$ 입니다.
- o **기계적 성질:** 인장 강도 $\geq 700\text{ MPa}$ (냉간 압연), 파단 신율 $\geq 5\%$, 비커스

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

경도 220-250 HV.

- o 치수 공차 : 두께 공차 (0.01-0.1 mm $\pm$ 0.005 mm, 0.1-3 mm $\pm$ 0.02 mm), 표면 거칠기 $Ra \leq 0.8$ 미크론.
- o 검출 방법: 화학 성분은 ICP-MS 를 채택하고 기계적 특성은 GB/T 228.1(인장 시험)에 따르며 표면 품질은 현미경으로 검사합니다.
- o 응용 프로그램: 반도체 표적, 진공로 열 및 화학 장비 라이닝에 적합합니다.

이. GB/T 3876-1983 년

- o 적용 범위: 전자 및 광학 분야를 위한 얇은 몰리브덴 시트(두께 0.01-0.1mm)에 중점을 둡니다.
- o 화학 성분 : 몰리브덴 함량 $\geq 99.95\%$, 산소 함량 $< 50\text{ppm}$.
- o 성능 요구 사항: 인장 강도 $\geq 800\text{MPa}$, 파단 신율 $\geq 3\%$, 표면에 균열 및 산화물 층 없음.
- o 치수 공차: 너비 공차 $\pm 0.05\text{mm}$, 길이 공차 $\pm 1\text{mm}$, 두께 공차 $\pm 0.003\text{mm}$.
- o 응용 프로그램: 스퍼터링 타겟 및 리드 프레임용.

중국 국가 표준은 국내 전자 및 고온 산업의 요구에 적합한 고순도 및 고정밀을 강조하고 몰리브덴 시트의 성능이 국제 표준과 일치함을 보장합니다.

9.2 몰리브덴 시트에 대한 국제 표준

국제 표준은 ISO(International Organization for Standardization)와 ASTM(American Society for Testing and Materials)에서 개발했으며 전 세계적으로 몰리브덴 시트의 생산 및 거래에 널리 사용됩니다. 다음은 주요 국제 표준입니다.

일. ASTM B386-03 (2011 년)

- o 적용 범위: 몰리브덴 시트(두께 0.01-3mm), 몰리브덴 플레이트 및 몰리브덴 바를 포함하며 항공 우주, 전자 및 고온 용광로에 적합합니다.
- o 화학 성분 : 몰리브덴 함량 $\geq 99.95\%$ (유형 360/361), TZM 합금 (유형 364)은 티타늄 0.4-0.55 %, 지르코늄 0.06-0.12 %를 포함합니다. 불순물(예: Fe, Ni) $< 100\text{ppm}$.
- o 기계적 성질: 인장 강도 $\geq 620\text{MPa}$ (어닐링), $\geq 760\text{MPa}$ (냉간 가공), 파단 신율 $\geq 2-10\%$ (두께에 따라 다름).
- o 치수 공차 : 두께 0.01-0.1 mm 에서 $\pm 5\%$, 0.1-3 mm 에서 $\pm 0.025\text{mm}$, 표면 거칠기 $Ra \leq 0.4$ 미크론 (광택).
- o 테스트 방법: 화학 성분은 ICP-OES 를 채택하고 기계적 특성은 ASTM E8 에 따르며 표면 품질은 육안 및 현미경 검사로 확인됩니다.
- o 응용 프로그램: 반도체 표적, 진공로 열 차폐 및 위성 부품에 적합합니다.

이. ISO 5832-1:2016 금속 임플란트 - 파트 1: 단조 몰리브덴

- o 적용 범위: 의료 분야의 몰리브덴 시트(예: X 선관 양극)의 경우 두께는 0.1-2mm 입니다.
- o 화학 성분 : 몰리브덴 함량 $\geq 99.9\%$, 탄소 함량 $< 100\text{ppm}$, 산소 함량

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

<50ppm.

- **성능 요구 사항:** 인장 강도 ≥ 700 MPa, 경도 220-240 HV, 표면에 결함 없음.
- **응용 프로그램:** 의료 영상 장비 및 고정밀 전자 부품에 사용됩니다.

국제 표준은 폴리브덴 시트의 다양성과 초국가적 적용에 중점을 두고 있으며, 고순도, 저음불순물 및 엄격한 크기 제어를 강조하여 글로벌 고급 시장에 적합합니다.

9.3 유럽, 미국, 일본, 한국 및 전 세계 다른 국가의 폴리브덴 시트 표준

유럽, 미국, 일본, 한국 및 기타 국가에서는 산업 요구 및 기술적 특성에 따라 폴리브덴 시트 표준을 공식화했으며, 이는 국제 표준과 매우 일치하지만 특정 분야에 대한 세부 요구 사항이 있습니다. 다음은 주요 국가 표준입니다.

일. 미국

- **표준:** ASTM B386-03(2011)이 기본 표준이며 MIL-M-16420(군사 표준)도 항공우주 응용 분야에 사용할 수 있습니다.
- **특징:** 고순도($\geq 99.95\%$) 및 고온 성능(예: 1500°C 에서 $400\text{MPa} \geq$ 인장 강도)에 중점을 두어 낮은 가스 방출률($<10^{-8}$ mbar·)이 필요합니다. L/s).
- **응용 분야:** 항공우주(위성 열 제어 시스템), 반도체 표적 및 원자력 산업 부품.
- **감지:** 화학 성분은 GDMS(Glow Discharge Mass Spectrometry)를 채택하고 기계적 특성은 ASTM E8/E399 에 따릅니다.

이. 유럽

- **기준:** EN 10276-1 "폴리브덴과 폴리브덴 합금의 찬 일을 위한 물자"는 ISO 5832-1 로 일치합니다.
- **특징:** 폴리브덴 시트는 높은 표면 품질($Ra \leq 0.4$ 미크론), 엄격한 치수 공차(두께 $\pm 0.003\text{mm}$) 및 진공 환경에 적합해야 합니다.
- **응용 프로그램:** 사파이어 성장로 열 차폐 및 플라즈마 코팅 대상에 사용됩니다.
- **검사:** 표면 품질은 레이저 현미경으로 테스트되며 내식성은 EN ISO 9227(염수 분무 테스트)에 따릅니다.

삼. 일본

- **표준 :** JIS H 4641 "폴리브덴 및 폴리브덴 합금 판, 시트 및 스트립"은 ASTM B386 과 유사합니다.
- **특징 :** 초박형 폴리브덴 시트 (두께 $0.01\text{-}0.1$ mm), 인장 강도 ≥ 800 MPa, 파단 신율 $\geq 5\%$, 표면 거칠기 $Ra \leq 0.2$ 미크론의 높은 정밀도에 중점을 둡니다.
- **응용 분야:** 전자 산업(예: TFT-LCD 대상) 및 광학 장치.
- **검사:** 치수 정확도는 비접촉 레이저로 측정되며 전도도는 JIS K 7194 에 따릅니다.

사. 대한민국

- **표준 :** KS D 9502 "폴리브덴 및 폴리브덴 합금 재료", ASTM 및 JIS 표준과 관련하여.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- o **특성:** 열전도율($\geq 130\text{W/m}\cdot\text{K}$) 및 내식성(부식률 $< 10\%$ 염산에서 0.01mm/년)이 필요하며 화학 및 전자 응용 분야에 적합합니다.
- o **응용 분야:** 반도체 패키징 리드 프레임 및 화학 장비 라이닝.
- o **검출:** 열전도율은 레이저 플래시 방식, KSD 2042 에 따른 화학 성분입니다.

유럽, 미국, 일본 및 한국 표준은 화학적 조성 및 기계적 특성 측면에서 국제 표준과 일치하지만 지역 산업 특성에 따라 다른 응용 시나리오에 중점을 둡니다(예: 미국은 항공 우주를 강조하고 일본은 전자 산업에 중점을 둡니다).

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

부록: 다국어 몰리브덴 시트 용어집

다음은 중국어, 영어, 일본어 및 한국어의 몰리브덴 관련 용어를 비교한 표로, 생산, 성능 및 응용 분야의 일반적인 용어를 다루고 있어 국경 간 기술 교류 및 표준화된 적용에 편리합니다. CTIA GROUP LTD 몰리브덴 시트는 기술 문서 및 거래 일관성을 보장하기 위해 세계 시장에서 통합되어야 합니다.

Chinese	English	Japanese	Korean
钼片	Molybdenum Foil	モリブデン箔	몰리브덴 포일
辉钼矿	Molybdenite	モリブデナイト	몰리브데나이트
地下开采	Underground Mining	地下採掘	지하 채굴
浮选法	Flotation Method	浮選法	부유선광법
氧化焙烧	Oxidative Roasting	酸化焙焼	산화 배소
氨浸法	Ammonia Leaching	アンモニア浸出法	암모니아 침출법
粉末冶金	Powder Metallurgy	粉末冶金	분말 야금
热轧工艺	Hot Rolling Process	熱間圧延プロセス	열간 압연 공정
冷轧工艺	Cold Rolling Process	冷間圧延プロセス	냉간 압연 공정
密度	Density	密度	밀도
熔点	Melting Point	融点	용융점
导电性	Electrical Conductivity	電気伝導率	전기전도율
导热性	Thermal Conductivity	熱伝導率	열전도율
热膨胀系数	Thermal Expansion Coefficient	熱膨張係数	열팽창 계수
抗拉强度	Tensile Strength	引張強度	인장 강도
硬度	Hardness	硬度	경도
韧性	Toughness	靱性	인성
耐腐蚀性	Corrosion Resistance	耐食性	내식성
抗氧化性	Oxidation Resistance	耐酸化性	내산화성
溅射靶材	Sputtering Target	スパッタリングターゲット	스퍼터링 타겟
反射屏	Reflective Shield	反射シールド	반사 쉴드
发热带	Heating Strip	発熱帯	발열 띠
引线框架	Lead Frame	リードフレーム	리드 프레임
反应釜内衬	Reactor Lining	反応釜ライニング	반응로 라이닝
热控系统	Thermal Control System	熱制御システム	열제어 시스템

설명

일. 용어 선택: 용어는 4장에서 9장을 기준으로 몰리브덴 시트 생산(채광, 선광, 정제, 성형), 성능 테스트(밀도, 융점, 전도도 등) 및 응용 분야(전자, 사파이어 성장로, 진공로)를 다룹니다.

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

- 이. **중국어 설명:** 각 용어는 간결하게 설명되어 기술적 정의와 응용 배경을 강조하고 장의 내용(예: 생산 프로세스, 테스트 방법 및 응용 프로그램 시나리오)과 함께 특정 매개변수(예: 두께, 성능 값)를 제공합니다.
- 삼. **다국어 번역:** 영어, 일본어 및 한국어 용어는 업계 표준 및 기술 문헌을 기반으로 하여 국제 기술 교류의 정확성과 다양성을 보장합니다.
- 사. **목적:** 이 용어집은 기술 문서, 국경 간 무역 및 학술 연구에 사용되어 세계 시장에서 CTIA GROUP LTD 몰리브덴 칩의 표준화된 적용을 지원할 수 있습니다.

영문학:

- 일. ASTM 국제. ASTM B386-03(2011) 몰리브덴 및 몰리브덴 합금 판, 시트, 스트립 및 호일에 대한 표준 사양. 웨스트 콘쇼호켄, 펜실베이니아: ASTM International, 2011.
- 이. ISO 5832-1:2016 수술용 임플란트 – 금속 재료 – 파트 1: 단조 몰리브덴[S]. 제네바: 국제표준화기구(International Organization for Standardization), 2016.
- 삼. 방패, J. A. 몰리브덴 금속 및 그 합금의 응용[M]. 런던: 국제 몰리브덴 협회(IMOA), 2013.
- 사. Knyazev, A. V., & Krushenko, G. G. 분말 야금 및 압연에 의한 몰리브덴 호일 생산[J]. 재료 가공 기술 저널, 2018, 255: 123-130.
- 오. Smith, RJ, & Johnson, TE 몰리브덴 박막의 열 및 전기적 특성[J]. 재료 과학 및 공학: A, 2019, 742: 456-462.
- 육. Lee, C. H., & Park, S. J. 박막 증착을 위한 스퍼터링 타겟의 몰리브덴[J]. 얇은 솔리드 필름, 2020, 698: 137856.
- 칠. Zhang, L., & Wang, Y. 몰리브덴 채굴 및 가공의 환경 과제[J]. 클리너 생산 저널, 2021, 312: 127645.
- 팔. Kim, H. S., & Lee, J. H. 위성 열 제어 시스템의 몰리브덴 호일[J]. 항공우주과학기술, 2022, 120: 107234.
- 구. Tanaka, T., & Watanabe, K. 고온 응용 분야를 위한 몰리브덴 호일의 기계적 테스트[J]. 합금 및 화합물 저널, 2017, 696: 234-240.
- 십. Park, J. W., & Choi, S. Y. 화학 처리 장비에서 몰리브덴의 내식성[J]. 부식 과학, 2019, 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