

몰리브덴 도가니에 대한 완벽한 가이드

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

CTIA GROUP 소개

CHINATUNGSTEN ONLINE 이 설립 한 독립적 인 법인격을 가진 전액 출자 자회사 인 CTIA GROUP LTD 는 산업 인터넷 시대에 텅스텐 및 몰리브덴 재료의 지능적이고 통합적이며 유연한 설계 및 제조를 촉진하기 위해 최선을 다하고 있습니다. 1997 년 www.chinatungsten.com 를 출발점으로 설립 된 CHINATUNGSTEN ONLINE 은 중국 최초의 최상위 텅스텐 제품 웹 사이트이며 텅스텐, 몰리브덴 및 희토류 산업에 중점을 둔 중국의 선구적인 전자 상거래 회사입니다. 텅스텐 및 몰리브덴 분야에서 거의 30 년 동안 쌓아온 깊은 경험을 바탕으로 CTIA GROUP 은 모회사의 탁월한 설계 및 제조 능력, 우수한 서비스 및 글로벌 비즈니스 명성을 계승하여 텅스텐 화학, 텅스텐 금속, 초경합금, 고밀도 합금, 몰리브덴 및 몰리브덴 합금 분야에서 포괄적인 응용 솔루션 공급업체가 되었습니다.

지난 30 년 동안 CHINATUNGSTEN ONLINE 은 텅스텐, 몰리브덴 및 희토류와 관련된 뉴스, 가격 및 시장 분석의 100 만 페이지 이상을 포함하여 20 개 이상의 언어를 다루는 200 개 이상의 다국어 텅스텐 및 몰리브덴 전문 웹 사이트를 설립했습니다. 2013 년부터 WeChat 공식 계정 "CHINATUNGSTEN ONLINE"은 40,000 개 이상의 정보를 게시하여 거의 100,000 명의 추종자에게 서비스를 제공하고 전 세계 수십만 명의 업계 전문가에게 매일 무료 정보를 제공합니다. 웹 사이트 클러스터 및 공식 계정에 대한 누적 방문 횟수가 수십억 회에 달함에 따라 텅스텐, 몰리브덴 및 희토류 산업에서 인정받는 글로벌하고 권위 있는 정보 허브가 되어 24/7 다국어 뉴스, 제품 성능, 시장 가격 및 시장 동향 서비스를 제공합니다.

CHINATUNGSTEN ONLINE 의 기술과 경험을 바탕으로 CTIA GROUP 은 고객의 개인화 된 요구를 충족시키는 데 중점을 둡니다. AI 기술을 활용하여 특정 화학 조성 및 물리적 특성(예: 입자 크기, 밀도, 경도, 강도, 치수 및 공차)을 가진 텅스텐 및 몰리브덴 제품을 고객과 공동으로 설계하고 생산합니다. 금형 개발, 시험 생산에서 마무리, 포장 및 물류에 이르기까지 전체 프로세스 통합 서비스를 제공합니다. 지난 30 년 동안 CHINATUNGSTEN ONLINE 은 전 세계 130,000 명 이상의 고객에게 500,000 가지 이상의 텅스텐 및 몰리브덴 제품에 대한 R & D, 설계 및 생산 서비스를 제공하여 맞춤형, 유연성 및 지능형 제조의 기반을 마련했습니다. 이러한 기반을 바탕으로 CTIA GROUP 은 산업 인터넷 시대에 텅스텐 및 몰리브덴 재료의 지능형 제조 및 통합 혁신을 더욱 심화합니다.

CTIA GROUP 의 Hanns 박사와 그의 팀은 30 년 이상의 업계 경험을 바탕으로 텅스텐, 몰리브덴 및 희토류와 관련된 지식, 기술, 텅스텐 가격 및 시장 동향 분석을 작성하고 공개적으로 발표하여 텅스텐 업계와 자유롭게 공유했습니다. 한 박사는 1990 년대부터 30 년 이상 텅스텐 및 몰리브덴 제품의 전자 상거래 및 국제 무역, 초경합금 및 고밀도 합금의 설계 및 제조 분야에서 경험을 쌓았으며 국내외에서 텅스텐 및 몰리브덴 제품 분야의 저명한 전문가입니다. 업계에 전문적이고 고품질의 정보를 제공한다는 원칙을 고수하는 CTIA GROUP 의 팀은 생산 관행 및 시장 고객의 요구를 기반으로 기술 연구 논문, 기사 및 산업 보고서를 지속적으로 작성하여 업계에서 널리 찬사를 받고 있습니다. 이러한 성과는 CTIA GROUP 의 기술 혁신, 제품 홍보 및 산업 교류에 대한 견고한 지원을 제공하여 글로벌 텅스텐 및 몰리브덴 제품 제조 및 정보 서비스의 선두 주자로 도약할 수 있도록 합니다.



Copyright and Legal Liability Statement

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model

Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

목차

1 장 소개

- 1.1 폴리브덴 도가니의 정의와 중요성
- 1.2 역사적 발전과 기술의 진화
- 1.3 현대 산업 및 과학 연구에서 폴리브덴 도가니의 역할

장 2: 폴리브덴 도가니의 기본 원리

- 2.1 폴리브덴 금속의 물리적 및 화학적 특성
- 2.2 고온 환경에서 작동 메커니즘
- 2.3 다른 고온 저항 재료와의 비교
- 2.4 열역학 및 기계적 성질

Chapter 3 폴리브덴 도가니 성능

- 3.1 폴리브덴 도가니의 물리적 및 화학적 특성
 - 3.1.1 폴리브덴 도가니의 용점 및 열 안정성
 - 3.1.2 폴리브덴 도가니의 밀도 및 열전도율
 - 3.1.3 폴리브덴 도가니 산화 방지 및 부식 방지 성능
 - 3.1.4 폴리브덴 도가니의 기계적 강도 및 인성
- 3.2 폴리브덴 도가니의 열적 및 기계적 성질
 - 3.2.1 폴리브덴 도가니의 열팽창 및 고온 변형
 - 3.2.2 폴리브덴 도가니의 열충격 저항
 - 3.2.3 폴리브덴 도가니의 크리프 및 장기 안정성
 - 3.2.4 폴리브덴 도가니 피로 및 주기적 사용
- 3.3 폴리브덴 도가니 미세 구조와 성능의 관계
 - 3.3.1 입자 구조 및 방향
 - 3.3.2 도핑 요소의 영향
 - 3.3.3 표면 형태 및 고온 성능
- 3.4 폴리브덴 도가니의 수명과 신뢰성
 - 3.4.1 수명에 영향을 미치는 요인
 - 3.4.2 고장 모드 분석
 - 3.4.3 신뢰성 테스트 방법
- 3.5 중국 텅스텐 지능형 폴리브덴 도가니 MSDS

4 장 폴리브덴 도가니의 사용

- 4.1 결정 성장
 - 4.1.1 사파이어 크리스탈 (Czochralski 방법, 열교환 방법)
 - 4.1.2 실리콘 단결정(초크랄스키 방법)
 - 4.1.3 기타 결정 재료
- 4.2 고온 제련 및 용융
 - 4.2.1 희토류 금속
 - 4.2.2 비철금속 및 합금

Copyright and Legal Liability Statement

- 4.2.3 귀금속 정제
- 4.3 진공 및 고온 열처리
 - 4.3.1 진공 열처리로
 - 4.3.2 분말 야금 및 소결
 - 4.3.3 고온 어닐링
- 4.4 과학 연구 및 실험실 응용
 - 4.4.1 고온 시험 장비
 - 4.4.2 재료 성능 테스트
 - 4.4.3 핵물질 및 플라즈마 연구
- 4.5 새로운 응용 프로그램
 - 4.5.1 적층 제조
 - 4.5.2 항공우주
 - 4.5.3 핵융합 장치

Chapter 5: 폴리브덴 도가니 제조 공정 및 기술

- 5.1 원료 선택 및 준비
 - 5.1.1 폴리브덴 광석 정제
 - 5.1.2 폴리브덴 분말 품질 요구 사항
 - 5.1.3 도핑 및 합금
 - 5.1.4 원료 테스트
- 5.2 야금 공정
 - 5.2.1 프레스 및 소결
 - 5.2.1.1 등압 프레스
 - 5.2.1.2 소결로 및 분위기
 - 5.2.2 단조 및 압연
 - 5.2.2.1 열간 단조 및 냉간 단조
 - 5.2.2.2 압연 공정
 - 5.2.3 방적 및 스트레칭
 - 5.2.3.1 스피닝 다이
 - 5.2.3.2 스트레칭 온도 및 윤활
- 5.3 가공 및 마무리
 - 5.3.1 터닝 및 밀링
 - 5.3.1.1 CNC 가공
 - 5.3.1.2 정밀도 및 거칠기
 - 5.3.2 용접 기술
 - 5.3.2.1 전자빔 용접
 - 5.3.2.2 레이저 용접 및 브레이징
 - 5.3.3 표면 처리
 - 5.3.3.1 청소 및 연마
 - 5.3.3.2 항산화 코팅
 - 5.3.4 열처리 및 어닐링
 - 5.3.4.1 곡물 제어

Copyright and Legal Liability Statement

- 5.3.4.2 스트레스 해소
- 5.4 생산 설비 및 자동화
 - 5.4.1 주요장비
 - 5.4.1.1 진공 소결로
 - 5.4.1.2 방적기 및 선반
 - 5.4.1.3 표면 처리 장비
 - 5.4.2 자동화 및 인텔리전스
 - 5.4.3 클린룸 요구 사항

Chapter 6 : 몰리브덴 도가니 품질 관리 및 검사

- 6.1 온라인 감지
 - 6.1.1 치수 및 정확도
 - 6.1.2 표면 결함
- 6.2 성능 테스트
 - 6.2.1 고온 강도
 - 6.2.2 내식성
- 6.3 고장 분석
 - 6.3.1 균열 및 변형
 - 6.3.2 피로와 수명

Chapter 7 몰리브덴 도가니 사용 시 주의사항

- 7.1 설치 및 작동 사양
- 7.2 고온 작동 환경 요구 사항
- 7.3 용융 재료와의 호환성
- 7.4 유지 관리 및 청소 방법
- 7.5 안전 작동 및 보호 조치

Chapter 8 몰리브덴 도가니의 운송 및 보관

- 8.1 포장 요구 사항
- 8.2 충격 및 습기 저항
- 8.3 보관 환경 및 조건
- 8.4 재고 관리 및 품질 추적

Chapter 9 몰리브덴 도가니의 지속 가능성과 재활용

- 9.1 에너지 절약 및 배출 저감
- 9.2 폐기물 재활용 기술
- 9.3 재활용의 경제적 및 환경적 이점
- 9.4 녹색제조업 동향 및 관행

Chapter 10 몰리브덴 도가니 기술적 과제와 향후 개발

- 10.1 기술적 과제
 - 10.1.1 향산화 특성

Copyright and Legal Liability Statement

- 10.1.2 복합 형상 제조
- 10.1.3 비용 관리
- 10.2 신소재 및 기술
 - 10.2.1 몰리브덴계 복합재료
 - 10.2.2: 나노 구조
 - 10.2.3 대체 재료
- 10.3 지능형 친환경 제조
 - 10.3.1 지능형 모니터링
 - 10.3.2 에너지 절약 및 환경 보호
 - 10.3.3 폐기물 재활용
- 10.4 미래 동향
 - 10.4.1 고성능 설계
 - 10.4.2 크로스 도메인 응용 프로그램
 - 10.4.3 극한 환경

Chapter 11 몰리브덴 도가니 표준물질 및 사양

- 11.1 국가 표준 (GB)
 - 11.1.1 GB/T 몰리브덴 재료 표준
 - 11.1.2 테스트 및 평가
 - 11.1.3 장비 사양
- 11.2 국제 표준 (ISO)
 - 11.2.1 ISO 6892 인장시험
 - 11.2.2 ISO 14001 환경경영시스템
 - 11.2.3 ISO 3452 비파괴 검사
- 11.3 미국 표준 (American Standard)
 - 11.3.1 ASTM B386 몰리브덴 합금
 - 11.3.2 ASTM E384 경도 시험
 - 11.3.3 ASME 고온 용기
- 11.4 기타 국제 및 산업 표준
 - 11.4.1 JIS G 0571
 - 11.4.2 DIN EN 10228
 - 11.4.3 고스트 17431
- 11.5 표준 구현 및 인증
 - 11.5.1 생산 및 테스트
 - 11.5.2 품질인증
 - 11.5.3 수출 규정 준수

부록

- A. 용어집
- B. 참조

Copyright and Legal Liability Statement

1 장 소개

1.1 몰리브덴 도가니의 정의와 중요성

몰리브덴 도가니는 고순도 몰리브덴 금속 을 주원료로 만든 고온 내성 용기로 고온 제련, 재료 합성 및 과학 연구에 널리 사용됩니다. 주요 특징은 높은 용점(약 2623°C), 우수한 내식성 및 고온 강도, 우수한 열전도율 및 낮은 열팽창 계수입니다. 이러한 특성으로 인해 몰리브덴 도가니는 극한 환경에서 구조적 안정성과 화학적 불활성을 유지할 수 있으므로 많은 산업 및 과학 연구 과정에서 없어서는 안 될 도구입니다.

몰리브덴 도가니는 재료와 목적의 두 가지 측면에서 설명할 수 있습니다. 재료의 관점에서 몰리브덴 도가니는 일반적으로 순도가 99.95% 이상인 몰리브덴 금속 또는 몰리브덴 합금으로 만들어지며 분말 야금, 단조, 기계 가공 또는 용접과 같은 공정으로 형성됩니다. 목적의 관점에서 몰리브덴 도가니는 주로 희토류 금속 제련, 사파이어 결정 성장, 반도체 재료 준비 및 고온 합금 합성과 같은 고온 환경에서 재료 용융, 증발, 소결 및 결정 성장과 같은 공정에 사용됩니다.

중요성

현대 산업 및 과학 연구에서 몰리브덴 도가니는 다음과 같은 측면에 반영됩니다.

고온 안정성: 몰리브덴의 높은 용점과 우수한 고온 강도로 인해 1100°C 에서 1700°C 이상의 온도에서 안정적으로 작동할 수 있으며 다른 많은 금속 도가니(예: 알루미늄, 구리 또는 저용점 합금 도가니)를 훨씬 능가합니다. 따라서 몰리브덴 도가니는 고온 제련 및 재료 합성에 선호되는 용기입니다. 예를 들어, 희토류 금속 제련에서 몰리브덴 도가니는 극한의 고온을 견디고 화학적 안정성을 유지하여 불순물 오염을 방지할 수 있습니다.

내식성: 몰리브덴 도가니는 특히 희토류 금속, 산화물 또는 특정 부식성 화학 물질과 접촉할 때 다양한 산, 알칼리 및 용융 금속에 대해 우수한 내식성을 가지고 있습니다. 대조적으로, 텅스텐 도가니는 녹는점이 더 높지만 특정 화학 환경에서 몰리브덴 도가니만큼 부식에 강하지 않을 수 있습니다.

고순도 재료의 준비: 몰리브덴 도가니의 고순도 및 낮은 불순물 방출 특성으로 인해 고순도 재료 생산에 특히 적합합니다. 예를 들어, 사파이어 결정 성장 과정에서 몰리브덴 도가니는 결정의 품질 및 광학 특성을 보장하기 위해 무공해 고온 환경을 제공할 수 있습니다. 유사하게, 반도체 산업에서 몰리브덴 도가니는 고순도 실리콘 및 기타 화합물 재료를 준비하는 데 사용됩니다.

공정 유연성: 다양한 응용 분야 요구 사항에 따라 몰리브덴 도가니는 기계 가공, 용접, 리벳팅 및 스탬핑을 포함한 다양한 가공 방법으로 준비할 수 있습니다. 이러한 가공 방법은 몰리브덴 도가니에 다양한 크기, 모양 및 성능을 제공하여 소규모 실험실 실험에서 대규모 산업 생산에 이르기까지 다양한 요구를 충족합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

경제와 수명: 몰리브덴 도가니의 제조 비용은 상대적으로 높지만 고온 환경에서의 긴 수명과 신뢰성으로 인해 비용 효율성이 높습니다. 다른 도가니 재료(예: 탄탈 도가니)와 비교하여 몰리브덴 도가니는 희토류 세련 및 기타 분야에서 수명이 더 길어 생산 공정에서 교체 빈도와 유지 보수 비용을 줄입니다.

과학 연구의 원동력: 과학 연구 분야에서 몰리브덴 도가니는 재료 과학, 물리학 및 화학 실험에 널리 사용됩니다. 예를 들어, 고온 초전도 재료, 나노 물질 및 새로운 합금의 개발에서 몰리브덴 도가니는 안정적인 실험 플랫폼을 제공하고 최첨단 기술 개발을 촉진합니다.

1.2 역사적 발전과 기술의 진화

몰리브덴은 비교적 늦게 발견되고 적용되었지만 도가니 제조에서의 개발은 현대 산업 및 과학 연구에 깊은 영향을 미쳤습니다. 다음은 몰리브덴의 발견, 몰리브덴 도가니의 초기 적용, 현대 기술의 발전에 이르기까지 역사적 발전에 대해 자세히 설명합니다.

몰리브덴의 발견과 초기 응용

몰리브덴은 1778년 스웨덴의 화학자 칼 빌헬름 셸레(Carl Wilhelm Scheele)에 의해 처음 발견되었는데, 그는 몰리브덴산에서 몰리브덴산을 분리하여 새로운 원소로 확인했습니다. 1792년, 또 다른 스웨덴 화학자가 몰리브덴산을 환원시켜 금속 몰리브덴을 추출하는 데 성공했습니다. 용점이 높고 가공이 어렵기 때문에 몰리브덴의 초기 적용은 주로 화학 시약 및 안료의 생산으로 제한되었습니다.

19세기 말, 야금 기술의 발전과 함께 몰리브덴은 철강 산업에서 합금 원소로 사용되기 시작했습니다. 예를 들어, 몰리브덴과 강철의 합금은 강철의 고온 강도와 내식성을 크게 향상시켰으며 무기 제조 및 기계 산업에서 널리 사용되었습니다. 그러나 몰리브덴 도가니의 개발은 여전히 재료 순도와 가공 기술에 의해 제한되었습니다. 20세기 초반이 되어서야 분말 야금 기술의 부상이 몰리브덴 도가니 제조의 토대를 마련했습니다.

몰리브덴 도가니

20세기 초에 몰리브덴 도가니는 실험실과 소규모 산업 응용 분야에 등장하기 시작했습니다. 초기 몰리브덴 도가니는 주로 분말 야금, 즉 몰리브덴 분말을 압착하여 모양을 만든 다음 고온에서 소결하여 제조했습니다. 이 방법은 고순도 몰리브덴 도가니를 생산할 수 있지만 도가니의 밀도와 기계적 강도가 낮아 고온 및 고압 환경에서의 적용이 제한됩니다.

제2차 세계 대전 중 몰리브덴 도가니에 대한 수요는 군사 및 항공 산업의 급속한 발전으로 인해 급증했습니다. 예를 들어, 몰리브덴 도가니는 고온 합금 및 특수 재료의 세련에 사용되어 항공기 엔진 및 장갑 재료의 제조를 지원했습니다. 이 기간 동안 몰리브덴 도가니의 가공 기술이 크게 향상되고 가공 및 단조 공정이 도가니

Copyright and Legal Liability Statement

제조에 적용되기 시작하여 제품의 밀도와 내구성이 향상되었습니다.

현대 기술의 진화

20세기 후반에는 희토류 금속, 반도체 및 사파이어 크리스탈 산업의 부상으로 폴리브덴 도가니의 응용 분야가 급속히 확장되고 제조 기술도 혁명적인 발전을 이루었습니다. 다음은 폴리브덴 도가니 기술 발전의 몇 가지 주요 측면입니다.

고순도 폴리브덴 재료: 현대 폴리브덴 도가니는 일반적으로 순도가 99.95% 이상인 폴리브덴 금속을 사용하며 전자빔 용융 및 구역 용융과 같은 고급 정제 기술을 통해 불순물을 제거합니다. 이는 도가니의 화학적 안정성과 고온 성능을 크게 향상시켜 고순도 재료 준비의 요구를 충족합니다.

다양한 가공 기술: 응용 프로그램 요구 사항에 따라 폴리브덴 도가니의 제조 공정은 다음을 포함한 다양한 유형으로 발전했습니다.

가공된 도가니: 폴리브덴 막대 또는 폴리브덴 플레이트에서 터닝, 밀링 및 기타 공정을 통해 가공되며 고정밀 및 복잡한 모양의 도가니에 적합합니다.

용접 도가니: 폴리브덴 판을 절단하고 컬링한 다음 진공 용접하여 만듭니다. 비용은 저렴하지만 용접 품질을 엄격하게 제어해야 합니다.

리벳이 달린 도가니: 대형 도가니 제조에 적합한 폴리브덴 플레이트를 기계적으로 연결하여 제작됩니다.

스탬핑 된 도가니 : 폴리브덴 플레이트를 금형을 통해 스탬핑하여 형성되며 소형 도가니의 대량 생산에 적합합니다.

도핑 및 합금: 폴리브덴 도가니의 고온 강도와 내식성을 향상시키기 위해 현대 제조 공정은 종종 폴리브덴에 미량 원소(예: 산화세륨, 티타늄 수소화물 또는 희토류 원소)를 추가합니다. 예를 들어, 산화세륨을 첨가하면 희토류 제련에서 폴리브덴 도가니의 수명을 크게 연장할 수 있습니다.

고급 소결 기술: 현대 폴리브덴 도가니의 소결 공정은 일반적으로 산화를 방지하고 도가니의 밀도를 증가시키기 위해 진공 또는 수소 보호 분위기에서 수행됩니다. 등압 프레스 기술의 적용은 도가니의 균일성과 기계적 특성을 더욱 향상시킵니다.

맞춤형 디자인: 산업 및 과학 연구 요구의 다양화로 폴리브덴 도가니의 크기, 모양 및 성능을 고객의 요구에 따라 사용자 정의할 수 있습니다. 예를 들어, 사파이어 결정 성장에는 크고 두꺼운 벽의 폴리브덴 도가니가 필요한 반면, 반도체 산업에는 작고 정밀한 도가니가 필요합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

환경 보호 및 지속 가능성: 최근 몇 년 동안 폴리브덴 도가니의 제조 공정은 환경 보호 및 자원 재활용에 초점을 맞추기 시작했습니다. 예를 들어, 폐 폴리브덴 도가니는 화학 처리 및 재제련을 통해 폴리브덴 금속을 회수하여 생산 비용과 환경 영향을 줄일 수 있습니다.

CTIA GROUP LTD 는 폴리브덴 도가니의 R&D 및 생산에서 중요한 역할을 합니다. 이 회사의 웹사이트는 폴리브덴 도가니에 대한 풍부한 기술 정보와 시장 동향을 제공합니다. 예를 들어, 회사에서 개발한 고순도 폴리브덴 도가니는 희토류 제련 및 사파이어 결정 성장에 널리 사용됩니다. 자사의 제품은 고밀도($\geq 9.8\text{g/cm}^3$)와 긴 수명으로 유명합니다.

1.3 현대 산업 및 과학 연구에서 폴리브덴 도가니의 역할

현대 산업 및 과학 연구에서 폴리브덴 도가니는 뛰어난 성능과 광범위한 응용 시나리오로 중요한 역할을 합니다. 다음은 산업 응용, 과학 연구 기여도 및 미래 동향의 세 가지 측면에서 그 역할에 대해 자세히 설명합니다.

산업 응용 분야

희토류 금속 제련: 폴리브덴 도가니는 희토류 금속과 그 산화물을 제련하기 위한 주요 용기입니다. 희토류 금속(예: 네오디뮴, 디스프로슘 및 테르븀)은 고온에서 부식성이 높으며 폴리브덴 도가니는 이러한 부식성 물질의 침식에 효과적으로 저항하여 제련 공정의 순도와 효율성을 보장할 수 있습니다. 예를 들어, NdFeB 자석 생산에서 폴리브덴 도가니는 고순도 네오디뮴 금속을 용융하는 데 사용됩니다.

사파이어 결정 성장: 사파이어 결정은 LED 기관, 광학 창 및 시계 거울에 널리 사용됩니다. 그들의 성장은 고온 (약 2050°C)에서 수행해야 합니다. 폴리브덴 도가니는 고온 안정성과 낮은 불순물 방출 특성으로 인해 Czochralski 방법 및 열교환기 방법을 사용하여 결정 성장에 이상적인 용기입니다.

반도체 산업: 반도체 재료(예: 실리콘 및 갈륨 비소)를 준비할 때 폴리브덴 도가니는 고온 증발 및 증착 공정에 사용됩니다. 높은 순도와 내식성은 반도체 재료의 품질을 보장하고 재료 순도에 대한 칩 제조의 엄격한 요구 사항을 충족합니다.

고온 합금 및 특수 재료: 폴리브덴 도가니는 고온 합금(예: 니켈 기반 합금, 티타늄 합금) 및 특수 세라믹의 소결 및 용융에 사용됩니다. 이러한 재료는 항공 우주, 에너지 및 의료 분야에서 널리 사용됩니다. 예를 들어, 항공기 엔진 터빈 블레이드 제조에서 폴리브덴 도가니는 고온 합금 원료를 용융하는 데 사용됩니다.

광전지 및 신에너지: 폴리브덴 도가니는 광전지 산업에서 폴리실리콘 및 단결정 실리콘을 생산하는 데 사용됩니다. 그들의 고온 성능은 실리콘 잉곳의 제련 및 정제를 지원합니다. 또한 폴리브덴 도가니는 고체 배터리 및 연료 전지 재료의 연구 개발에도 사용됩니다.

Copyright and Legal Liability Statement

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model

Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

과학 연구 기여

재료 과학: 폴리브덴 도가니는 새로운 물질의 합성을 위한 신뢰할 수 있는 실험 플랫폼을 제공합니다. 예를 들어, 고온 초전도 물질(예: 이트륨 바륨, 구리 산화물)을 준비할 때 폴리브덴 도가니는 복잡한 화학 반응을 지원하기 위해 안정적인 고온 환경을 제공할 수 있습니다.

물리학 및 화학 실험: 고온 및 고압 실험에서 폴리브덴 도가니는 재료의 상전이, 열역학적 특성 및 화학 반응 역학을 연구하는 데 사용됩니다. 예를 들어, 폴리브덴 도가니는 금속-세라믹 복합체의 소결 거동을 연구하는 데 사용됩니다.

나노 기술: 폴리브덴 도가니는 나노 물질(예: 탄소 나노튜브 및 그래핀)의 제조에 중요한 역할을 합니다. 높은 온도 안정성과 화학적 불활성은 증기 증착 및 열분해와 같은 공정을 지원합니다.

에너지 연구: 원자력 및 재생 에너지 분야에서 폴리브덴 도가니는 고온 연료 전지 및 원자로 재료의 성능을 연구하는 데 사용됩니다. 예를 들어, 폴리브덴 도가니는 고온 용융염 반응기에서 재료의 호환성을 테스트하는 데 사용됩니다.

미래 트렌드

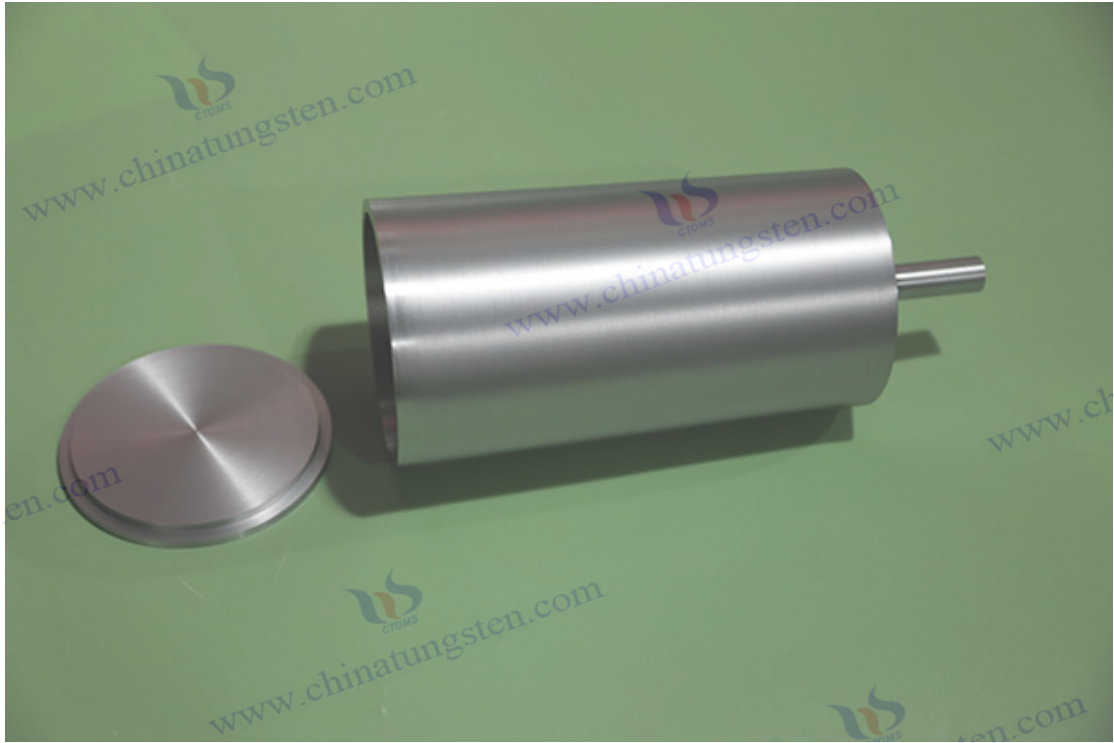
지능형 제조: 인더스트리 4.0의 발전으로 폴리브덴 도가니의 제조는 더욱 지능화될 것입니다. 예를 들어, 센서 및 데이터 분석을 사용하여 소결 공정을 최적화하고 도가니의 밀도와 일관성을 개선할 수 있습니다.

녹색 생산: 환경 규제의 강화는 폴리브덴 도가니 제조의 녹색화를 촉진했습니다. 앞으로 폴리브덴 도가니 생산은 환경 발자국을 줄이기 위해 에너지 효율성과 폐기물 재활용에 더 많은 관심을 기울일 것입니다.

신소재 개발: 폴리브덴 도가니는 그래핀, 2차원 물질 및 양자 물질과 같은 새로운 분야의 준비에 더 큰 역할을 할 것입니다. 예를 들어, 폴리브덴 도가니는 2차원 전이 금속 황화물(예: MoS_2)의 고온 합성에 사용할 수 있습니다.

산업 간 응용 분야: 생물 의학 및 우주 탐사의 발전으로 폴리브덴 도가니는 생체 재료의 고온 합성 또는 우주 환경에서 재료 준비에 사용할 수 있습니다.

Copyright and Legal Liability Statement



CTIA GROUP LTD 몰리브덴 도가니

장 2: 몰리브덴 도가니의 기본 원리

2.1 몰리브덴 금속의 물리적 및 화학적 특성

몰리브덴은 원소 기호 Mo 와 원자 번호 42 를 가진 전이 금속으로 주기율표의 여섯 번째 그룹에 속합니다. 높은 용점, 내식성 및 우수한 기계적 특성으로 알려져 있으며 몰리브덴 도가니를 만들기 위한 주요 재료입니다. 다음은 몰리브덴 금속의 특성과 몰리브덴 도가니의 성능에 미치는 영향에 대해 물리적 및 화학적 특성의 두 가지 측면에서 자세히 설명합니다.

물리적 특성

용점과 끓는점:

몰리브덴은 2623°C(약 2896K)로 텅스텐 및 레늄과 같은 몇 가지 금속에 이어 두 번째입니다. 이를 통해 몰리브덴 도가니는 극도로 높은 온도 환경(예: 희토류 금속 제련 및 사파이어 결정 성장)에서 구조적 안정성을 유지할 수 있습니다.

끓는점은 약 4639°C 로 이는 몰리브덴이 고온에서 휘발성이 낮고 장기간 고온 작동에 적합함을 나타냅니다.

밀도:

몰리브덴은 10.28g/cm³로 텅스텐(19.25g/cm³)보다 낮지만 다른 많은 금속(예: 2.7g/cm³의 알루미늄)보다 높습니다. 이것은 몰리브덴 도가니에 높은 강도와 상대적으로 가벼운

Copyright and Legal Liability Statement

무게를 제공하여 가공 및 운송이 용이합니다.

열전도율 및 열팽창 계수:

몰리브덴은 실온에서 $138\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 의 열전도율을 가지며 열전도율이 우수하고 열을 빠르게 전달하여 도가니 내부의 균일한 온도 분포를 보장할 수 있음을 나타냅니다. 이는 정확한 온도 제어가 필요한 사파이어 결정 성장과 같은 공정에 매우 중요합니다.

낮은 열팽창 계수는 $4.8\times 10^{-6} / \text{K}(20-1000^{\circ}\text{C})$ 이며, 이는 몰리브덴 도가니의 크기가 고온에서 거의 변하지 않아 열 응력으로 인한 균열의 위험을 줄인다는 것을 의미합니다.

전도성:

몰리브덴은 전기 전도도가 $1.9\times 10^7\text{S}/\text{m}$ 로 전기 전도성이 우수합니다. 따라서 몰리브덴 도가니는 진공 증발 코팅 공정과 같은 특정 전기 가열 또는 플라즈마 환경에서 유리합니다.

기계적 성질:

몰리브덴은 실온에서 높은 경도 (모스 경도 약 5.5)와 인장 강도 (약 600-700 MPa)를 가지고 있습니다. 몰리브덴의 강도는 고온에서 감소하지만 고온 강도는 도핑(예: 산화세륨 또는 희토류 원소 첨가)에 의해 크게 향상될 수 있습니다.

몰리브덴은 연성이 우수하여 단조, 압연 또는 연신을 통해 얇은 판 또는 복잡한 모양으로 가공할 수 있습니다. 다양한 사양의 도가니 제조에 적합합니다.

화학적 성질

내식성:

몰리브덴은 실온 및 중간 온도에서 대부분의 산(예: 염산, 황산) 및 알칼리에 대해 우수한 내식성을 갖지만 고온에서 강한 산화산(예: 질산) 또는 용융 알칼리와 반응할 수 있습니다.

고온 비산화 분위기(예: 진공 또는 불활성 가스)에서 몰리브덴은 용융 금속(예: 희토류 금속, 알루미늄, 마그네슘) 및 산화물에 대해 우수한 화학적 안정성을 나타내며 고순도 재료 제련에 적합합니다.

몰리브덴은 산소와 쉽게 반응하여 공기 중에서 600°C 이상으로 가열되면 삼산화몰리브덴을 형성합니다. 따라서 몰리브덴 도가니는 일반적으로 진공 또는 불활성 대기(예: 아르곤 또는 질소)에서 사용됩니다.

산화 거동:

저온($<400^{\circ}\text{C}$)에서는 몰리브덴 표면에 조밀한 산화물 보호층이 형성되어 추가 산화를 늦춥니다. 그러나 고온에서는 산화물이 휘발되어 몰리브덴의 급격한 산화를

Copyright and Legal Liability Statement

일으키므로 도가니의 수명을 연장하기 위해 보호 분위기 또는 표면 코팅(예: 규화물 코팅)이 필요합니다.

다른 요소와의 반응성:

몰리브덴은 고온에서 탄소, 질소 및 황과 같은 비금속과 천천히 반응하지만 매우 높은 온도(>1500°C)에서 몰리브덴 카바이드(Mo₂C) 또는 질화 몰리브덴(MoN)을 형성하여 도가니의 성능에 영향을 미칠 수 있습니다. 따라서 탄소 기반 물질 또는 질소 함유 대기에서 사용할 때 주의해야 합니다.

몰리브덴은 특정 용융 금속(예: 리튬 및 나트륨)에 대해 우수한 내식성을 가지고 있지만 용융 니켈 또는 철 합금과 접촉할 때 약간의 부식이 발생할 수 있습니다.

몰리브덴 도가니의 성능

몰리브덴은 고온 환경에서 몰리브덴 도가니의 성능을 직접 결정합니다. 예를 들어, 높은 용점과 낮은 열팽창 계수는 1700°C 이상의 환경에서 도가니의 구조적 안정성을 보장합니다. 우수한 열전도율은 도가니 내부의 균일한 온도를 보장하고 결정 성장의 결함을 줄입니다. 내식성은 도가니와 용융 물질 사이의 반응을 줄여 제품의 순도를 보장합니다.

2.2 고온 환경에서 작동 메커니즘

고온 환경에서 몰리브덴 도가니는 열전도, 열 복사, 화학 반응 및 기계적 반응의 복잡한 상호 작용을 포함합니다. 다음은 열, 화학 및 기계의 세 가지 측면에서 작동 원리에 대한 자세한 분석입니다.

열 메커니즘

열전도:

몰리브덴 도가니의 높은 열전도율로 인해 외부 열원(예: 저항 가열 또는 유도 가열)에서 도가니 내부로 에너지를 빠르게 전달할 수 있어 용융된 물질 또는 반응물이 균일하게 가열되도록 합니다. 예를 들어, 사파이어 결정 성장에서 몰리브덴 도가니는 균일한 가열에 의해 알루미늄 용융물의 안정적인 결정화를 촉진합니다.

균일하지 않은 가열 조건에서 몰리브덴 도가니의 낮은 열팽창 계수는 열 응력을 줄이고 도가니의 균열 또는 변형을 방지합니다.

열 복사:

고온(>1000°C)에서 몰리브덴 도가니의 표면은 열 복사를 통해 주변 환경에 에너지를 방출합니다. 몰리브덴의 방사율은 약 0.1-0.3입니다(온도 및 표면 상태에 따라 다름). 방사율이 낮을수록 열 손실을 줄이고 에너지 효율성을 개선하는 데 도움이 됩니다.

열효율을 더욱 개선하기 위해 현대의 몰리브덴 도가니는 종종 표면이 연마되거나 반사 코팅(예: 산화 지르코늄 코팅)을 추가하여 방사선 손실을 줄입니다.

Copyright and Legal Liability Statement

온도 구배 관리:

결정 성장 또는 제련 중에 폴리브덴 도가니는 특정 온도 구배를 유지해야 합니다. 예를 들어, Czochralski 결정 성장은 방향성 결정 성장을 촉진하기 위해 도가니 하단의 온도가 상단의 온도보다 약간 낮아야 합니다. 폴리브덴 도가니의 열전도율 및 기하학적 설계(예: 벽 두께 및 모양)는 시뮬레이션을 통해 최적화하여 이상적인 온도 분포를 보장할 수 있습니다.

화학적 메커니즘

화학적 안정성:

진공 또는 불활성 분위기에서 폴리브덴 도가니는 대부분의 용융 금속 및 산화물과 크게 반응하지 않습니다. 예를 들어, 희토류 금속 제련에서 폴리브덴 도가니는 네오디뮴 또는 세륨의 고온 부식을 견디고 재료 순도를 유지할 수 있습니다.

산소가 함유된 대기에서 폴리브덴 도가니는 보호 분위기 또는 표면 코팅으로 산화로부터 보호해야 합니다. 예를 들어, 폴리브덴 실리사이드(MoSi₂) 코팅은 고온에서 안정적인 SiO₂ 보호층을 형성하여 도가니의 수명을 크게 연장할 수 있습니다.

불순물 통제:

고순도 폴리브덴 도가니(불순물 함량 <0.05%)는 용융 물질과의 반응을 최소화하고 오염을 방지합니다. 예를 들어, 반도체 실리콘 잉곳 생산에서 폴리브덴 도가니의 낮은 불순물 방출은 실리콘의 고순도(>99.9999%)를 보장합니다.

역학

고온 강도 :

고온에서의 폴리브덴은 온도가 증가함에 따라 감소하지만 희토류 산화물 (예 : La₂O₃ 또는 CeO₂)로 도핑 한 후에는 고온 강도를 크게 향상시킬 수 있습니다. 예를 들어, 세륨이 도핑된 폴리브덴 도가니는 1700°C 에서 약 200MPa 의 인장 강도를 유지할 수 있으며, 이는 장기 고온 작동에 적합합니다.

폴리브덴 도가니(즉, 고온에서 느린 변형)는 또한 입자 미세화 및 도핑을 통해 최적화되어 도가니의 수명을 연장합니다.

열 피로 저항:

폴리브덴 도가니는 반복되는 가열 및 냉각 주기 동안 열 응력으로 인해 미세 균열이 발생할 수 있습니다. 현대의 제조 공정은 입자 크기를 제어하고 산화물 입자와 같은 강화 상을 추가하여 도가니의 열 피로 저항을 개선합니다.

충격 저항:

폴리브덴 도가니는 여전히 고온에서 특정 인성을 유지하며 적재 또는 하역 중 기계적 충격에 견딜 수 있습니다. 예를 들어, 대형 희토류 제련로에서 폴리브덴 도가니는

Copyright and Legal Liability Statement

용융 금속의 충격을 깨지지 않고 견뎌야 합니다.

2.3 다른 고온 내성 재료와의 비교

텅스텐, 탄탈륨, 흑연, 알루미늄 및 지르코니아와 같은 다른 고온 내성 재료와 함께 몰리브덴 도가니는 고유한 장점과 한계를 이해하는 데 도움이 됩니다. 다음은 네 가지 측면, 즉 물리적 특성, 화학적 안정성, 비용 및 적용 시나리오에 대한 자세한 비교입니다.

1. 텅스텐

물리적 특성:

텅스텐의 용점 (3422 °C)은 몰리브덴의 용점보다 높으며 고온 환경 (>2000 °C)에 적합합니다. 그러나 텅스텐의 밀도 (19.25g / cm³)는 몰리브덴의 거의 두 배이므로 텅스텐 도가니가 무겁고 가공하기 어렵습니다.

텅스텐 (173 W / (m · K))의 열전도율은 몰리브덴보다 약간 높지만 열팽창 계수 (4.5×10⁻⁶ / °C)는 몰리브덴과 유사하며 열 응력 성능은 비슷합니다.

화학적 안정성:

텅스텐은 특히 용철 또는 니켈과 접촉 할 때 몰리브덴보다 용융 금속에 의한 부식에 더 강합니다. 그러나 텅스텐은 산소를 함유 한 대기에서 더 빨리 산화되며 더 엄격한 보호 분위기가 필요합니다.

비용:

텅스텐은 일반적으로 몰리브덴보다 비싸고 경도와 취성이 높기 때문에 가공 비용이 더 높습니다. 몰리브덴 도가니는 1700°C 이하의 용융 분야에서 더 경제적입니다.

용융 프로그램 시나리오:

텅스텐 도가니 는 주로 초고온 환경(예: 몰리브덴이 견딜 수 없는 >2000°C 공정)에서 사용되는 반면, 몰리브덴 도가니는 회토류 제련 및 사파이어 결정 성장에서 더 일반적입니다.

2. 탄탈륨

물리적 특성:

탄탈륨 (3017 °C)의 용점은 몰리브덴과 텅스텐 사이이며 밀도 (16.6g / cm³)는 몰리브덴보다 높지만 텅스텐보다 낮습니다. 탄탈륨(57 W/(m·K))의 열전도율은 몰리브덴보다 훨씬 낮아 열 분포가 고르지 않습니다.

화학적 안정성:

탄탈륨은 산 및 용융 금속에 대한 내식성이 우수하며, 특히 강한 산성 환경에서 몰리브덴보다 우수합니다. 그러나 탄탈륨은 고온의 산소 함유 분위기에서 쉽게

Copyright and Legal Liability Statement

산화되며 엄격한 진공 환경이 필요합니다.

비용:

탄탈륨의 가격은 몰리브덴 및 텅스텐의 가격보다 훨씬 높고 자원이 부족하여 탄탈륨 도가니의 제조 비용이 매우 높습니다. 일반적으로 특수 화학 공정에만 사용됩니다.

응용 프로그램 시나리오:

탄탈륨 도가니는 주로 부식성이 높은 화학 반응(예: 불소 제련)에 사용되는 반면, 몰리브덴 도가니는 보다 광범위한 고온 제련 및 결정 성장에서 우세합니다.

3. 그래파이트

물리적 특성:

흑연은 용점(>3500°C)이 매우 높지만 밀도(1.8-2.2g/cm³)가 몰리브덴보다 훨씬 낮아 가볍고 가공이 용이합니다. 흑연(100-200 W/(m·K))의 열전도율은 몰리브덴과 비슷하지만 열팽창 계수가 더 높기 때문에 열 응력이 발생하기 쉽습니다.

화학적 안정성:

흑연은 비산화성 분위기에서 화학적 안정성이 우수하지만 산소가 함유된 환경에서는 쉽게 산화되어 공기 중에서의 사용을 제한합니다. 흑연은 또한 특정 용융 금속과 반응하여 제품을 오염시킬 수 있습니다.

비용:

흑연 도가니의 제조 비용은 몰리브덴의 제조 비용보다 훨씬 저렴하여 대규모 및 저비용 생산에 적합합니다. 그러나 수명이 짧고 자주 교체해야 합니다.

응용 프로그램 시나리오:

흑연 도가니는 비철금속 제련(예: 알루미늄 및 구리)에 널리 사용되는 반면 몰리브덴 도가니는 고순도 및 고온 공정(예: 반도체 실리콘 생산)에 더 적합합니다.

4. 알루미나 (Al₂O₃) 및 산화 지르코늄 (ZrO₂)

물리적 특성:

산화알루미늄의 녹는점은 약 2072°C 이고 산화지르코늄의 녹는점은 약 2715°C 로 둘 다 몰리브덴보다 낮습니다. 둘 다(20-30 W/(m·K))의 열전도율은 몰리브덴보다 훨씬 낮아 열 분포가 고르지 않습니다.

세라믹 재료의 밀도(알루미나의 경우 약 3.9g/cm³, 지르코니아의 경우 약 5.8g/cm³)의 밀도는 몰리브덴보다 낮지만 부서지기 쉽고 열 충격으로 인해 균열이 발생하기 쉽습니다.

화학적 안정성:

Copyright and Legal Liability Statement

알루미늄과 지르코니아는 산화 분위기에서 잘 작동하지만 희토류 금속과 같은 특정 용융 금속과 접촉하면 반응하여 제품을 오염시킬 수 있습니다.

비용:

세라믹 도가니는 몰리브덴보다 비용이 저렴하지만 고온 및 고압에서 수명이 짧고 유지 보수 비용이 높습니다.

응용 프로그램 시나리오:

세라믹 도가니는 주로 소규모 실험실 실험이나 비금속 재료의 소결에 사용되는 반면, 몰리브덴 도가니는 산업 규모의 고온 제련에 더 적합합니다.

요약하다

몰리브덴 도가니는 1700°C 미만의 온도 범위에서 최고의 성능-비용 균형을 가지며 높은 용점, 내식성 및 가공 유연성을 결합합니다. 텅스텐 및 탄탈륨과 비교할 때 몰리브덴 도가니는 더 경제적이고 가공하기 쉽습니다. 흑연 및 세라믹과 비교할 때 몰리브덴 도가니는 고순도 및 고온 안정성이 우수합니다. Chinatungsten Online (news.chinatungsten.com)에 따르면, 희토류 및 반도체 산업에서 몰리브덴 도가니의 시장 점유율은 계속 증가하고 있으며, 이는 광범위한 적용 가능성을 반영합니다.

2.4 열역학 및 기계적 성질

고온 환경에서 몰리브덴 도가니는 작업 효율성과 서비스 수명을 결정합니다. 다음은 열역학과 역학의 두 가지 측면에 대한 자세한 분석입니다.

열역학적 특성

열용량과 비열:

몰리브덴은 약 $0.25 \text{ J} / (\text{g} \cdot \text{K})$ (실온), 온도가 증가함에 따라 약간 증가합니다. 비열 용량이 낮다는 것은 몰리브덴 도가니가 가열 중에 더 적은 에너지를 필요로 하고 빠른 가열 공정에 적합하다는 것을 의미합니다.

열용량은 도가니의 질량 및 크기와 직접적인 관련이 있습니다. 대형 몰리브덴 도가니는 더 긴 가열 시간이 필요하지만 높은 열전도율로 인해 이 공정을 효과적으로 단축할 수 있습니다.

열팽창 및 열 응력:

몰리브덴($4.8 \times 10^{-6} / \text{K}$)은 고온에서 부피 변화를 줄이고 열 응력으로 인한 균열 위험을 줄입니다. 예를 들어, 사파이어 결정 성장에서 몰리브덴 도가니는 2050°C 에서 형태 안정성을 유지할 수 있습니다.

열 응력은 도가니 벽 두께와 형상(예: 둥근 모서리)을 최적화하여 더욱 줄일 수 있습니다.

Copyright and Legal Liability Statement

위상 안정성:

몰리브덴은 고체 상태 범위(<2623°C)에서 상 변화가 없고 열역학적 안정성이 높아 상 변화로 인한 부피 변화 또는 성능 저하를 방지합니다.

용점에 가까운 온도에서 몰리브덴은 증기압이 낮아(2000°C 에서 약 10 °C) 재료 손실을 줄입니다.

열 복사 및 에너지 손실:

몰리브덴 도가니는 열 복사 손실을 줄이고 에너지 활용도를 향상시킵니다. 현대의 몰리브덴 도가니는 표면 연마 또는 코팅을 통해 열 복사 성능에 더욱 최적화되는 경우가 많습니다.

기계적 성질

고온 강도 및 크리프:

1700°C에서 몰리브덴은 약 100-200MPa로 많은 금속보다 훨씬 높습니다. 산화물 (예 : CeO₂ 또는 La₂O₃)을 도핑하면 고온 강도를 300 MPa 이상으로 높일 수 있습니다.

몰리브덴은 고온에서 응력이 증가함에 따라 가속되지만 크리프는 결정립 정제 및 도핑에 의해 크게 감소할 수 있습니다. 예를 들어, 1700°C 에서 세륨이 도핑된 몰리브덴 도가니의 크리프 속도는 10⁻⁵/s 미만으로 제어할 수 있습니다.

피로 및 열 충격:

몰리브덴 도가니는 반복되는 열 주기 동안 피로로 인해 미세 균열이 발생할 수 있습니다. 현대 제조 공정은 입자 크기(보통 <50µm)를 제어하고 강화 단계를 추가하여 피로 저항을 향상시킵니다.

몰리브덴의 인성으로 인해 급속 냉각과 같은 특정 열 충격을 견디면서 무결성을 유지할 수 있습니다.

경도와 착용 저항:

실온에서 몰리브덴의 비커스 경도는 약 200-250 HV이며 고온에서는 약간 감소합니다. 몰리브덴 도핑된 도가니의 경도는 300HV 로 증가시킬 수 있어 내마모성이 향상되고 장기간 사용에 적합합니다.

가공 성능 :

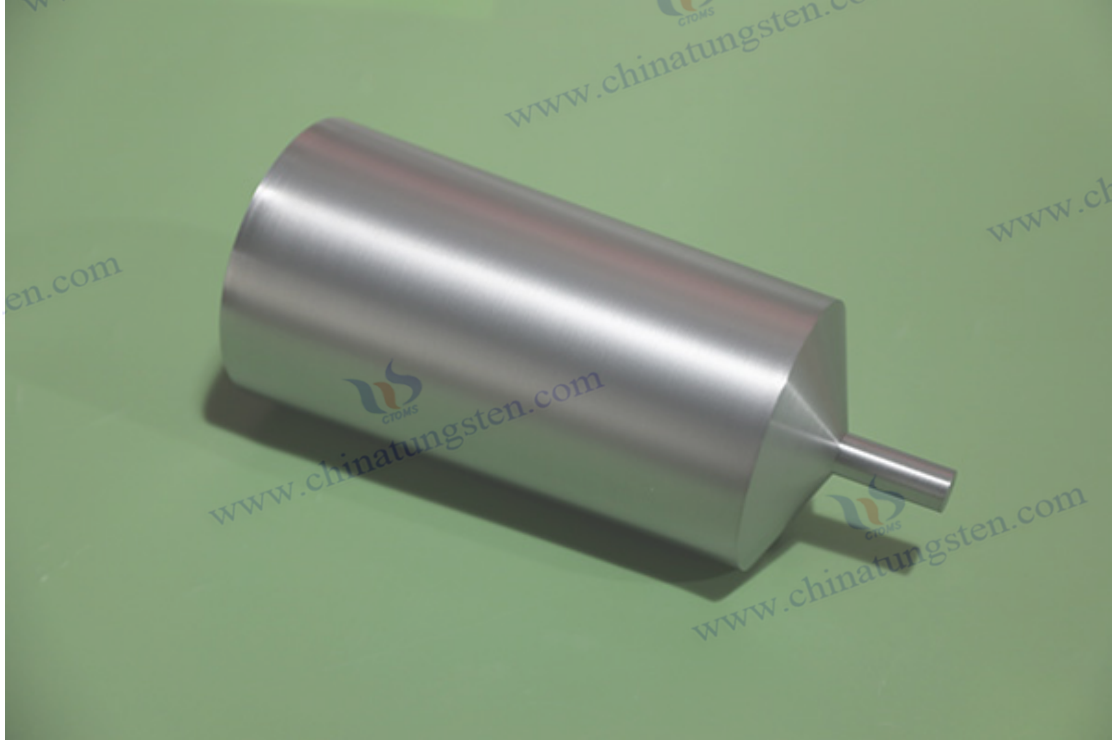
몰리브덴은 단조, 압연 또는 기계 가공을 통해 복잡한 모양의 도가니로 만들 수 있습니다. 그러나 몰리브덴은 실온에서 부서지기 쉬우며 균열을 방지하기 위해 고온(>1000°C)에서 열간 가공해야 합니다.

실제 적용에서의 성능

회토류 제련에서 몰리브덴 도가니의 열역학적 및 기계적 특성은 1700°C 에서

Copyright and Legal Liability Statement

장기적인 안정성을 보장합니다. 예를 들어, 몰리브덴 도가니는 용융 네오디뮴의 부식 및 기계적 충격을 견디면서 균일한 온도 분포를 유지할 수 있습니다. 사파이어 결정 성장에서 몰리브덴 도가니의 낮은 열팽창과 고온 강도는 몇 주 동안 연속 작동을 지원합니다.



CTIA GROUP LTD 몰리브덴 도가니

Chapter 3 몰리브덴 도가니 성능

3.1 몰리브덴 도가니의 물리적 및 화학적 특성

몰리브덴 도가니는 주로 기본 물질인 몰리브덴의 물리적 및 화학적 특성에서 비롯됩니다. 이러한 특성은 고온 및 높은 부식 환경에서 몰리브덴 도가니의 성능을 결정합니다. 다음은 용점 및 열 안정성, 밀도 및 열전도율, 내산화성 및 내식성, 기계적 강도 및 인성의 네 가지 측면에 대한 자세한 설명입니다.

3.1.1 몰리브덴 도가니의 녹는점 및 열 안정성

몰리브덴은 2623°C 로 알려진 금속 중에서 녹는점이 더 높은 물질 중 하나이며 텅스텐과 레늄에 이어 두 번째입니다. 이 높은 용점은 몰리브덴 도가니에 매우 높은 온도 환경에서 우수한 안정성을 제공하여 희토류 금속 제련, 사파이어 결정 성장 및 반도체 재료 준비 공정에 널리 사용됩니다.

열 안정성 성능:

몰리브덴 도가니는 1700°C 미만의 온도에서 장기간 안정적으로 작동할 수 있으며 짧은 시간 동안 2000°C 이상의 온도에서도 견딜 수 있습니다. 예를 들어, 사파이어

Copyright and Legal Liability Statement

결정이 성장하는 동안 폴리브덴 도가니는 구조적 무결성과 화학적 안정성을 유지하면서 몇 주 동안 2050°C 에서 지속적으로 작동해야 합니다.

폴리브덴의 낮은 증기압 (2000 ° C 에서 약 10 ° C 의 Pa)은 고온에서 재료 손실을 최소화하여 도가니 수명을 연장합니다.

폴리브덴 도가니는 또한 상 변화가 없는 특성에 반영됩니다. 폴리브덴은 고체 상태 범위(<2623°C)에서 결정 구조 변화를 겪지 않으므로 상 변화로 인한 부피 팽창 또는 성능 저하를 방지합니다.

영향 요인:

불순물 함량: 고순도 폴리브덴($\geq 99.95\%$) 도가니는 불순물(예: 탄소, 산소)로 인해 고온에서 국부적으로 녹거나 입자 경계가 약해질 수 있기 때문에 저순도 제품보다 열 안정성이 우수합니다.

분말 야금으로 제조된 폴리브덴 도가니는 미세 기공을 가질 수 있으며, 이는 열 안정성을 감소시킵니다. 단조 또는 가공된 도가니는 밀도가 더 높고 열 안정성이 우수합니다.

보호 분위기: 폴리브덴은 산소가 포함된 환경에서 쉽게 산화되며 열 안정성을 유지하기 위해 진공 또는 불활성 대기(예: 아르곤, 질소)에서 사용해야 합니다.

3.1.2 폴리브덴 도가니의 밀도 및 열전도율

밀도:

폴리브덴은 10.28g/cm^3 로 텅스텐(19.25g/cm^3)보다 낮지만 알루미늄(2.7g/cm^3)보다 높습니다. 이 밀도는 폴리브덴 도가니에 높은 강도와 상대적으로 가벼운 무게를 제공하여 가공, 운송 및 설치를 용이하게 합니다.

고밀도 폴리브덴 도가니(이론 밀도의 99.5%에 가까움)는 등압 프레스 및 고온 소결에 의해 생산되어 도가니의 기계적 강도와 내식성을 보장합니다. 대조적으로, 저밀도 도가니(<95% 이론 밀도)는 기공으로 인해 강도가 부족할 수 있습니다.

열전도율:

폴리브덴의 열전도율은 실온에서 $138\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ 이며, 이는 온도가 증가함에 따라 약간 감소합니다(1000°C 에서 약 $100\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$). 높은 열전도율로 인해 폴리브덴 도가니는 열을 빠르게 전달하여 내부의 균일한 온도 분포를 보장합니다.

사파이어 결정 성장에서 균일한 온도 분포는 결정 품질에 매우 중요합니다. 폴리브덴 도가니의 높은 열전도율은 온도 구배로 인한 결정 결함을 줄입니다.

대조적으로, 세라믹 도가니(예: 열전도율이 약 $20\text{-}30\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ 인 알루미나)의 열전도율은 폴리브덴보다 훨씬 낮아 열 분포가 고르지 않아 고정밀 공정에서의 적용이 제한됩니다.

Copyright and Legal Liability Statement

실용적인 응용 프로그램:

희토류 제련에서 몰리브덴 도가니의 높은 열전도율은 빠른 가열과 균일한 용융을 지원하여 생산 효율성을 향상시킵니다.

3.1.3 몰리브덴 도가니 산화 방지 및 부식 방지 성능

항산화 특성:

몰리브덴은 저온(<400°C)에서 표면에 조밀한 산화물 층을 형성하여 추가 산화를 늦춥니다. 그러나 고온(>600°C)에서는 산화물이 휘발되어 급격한 산화를 일으킵니다.

내산화성을 개선하기 위해 몰리브덴 도가니는 일반적으로 진공 또는 불활성 분위기에서 사용됩니다. 예를 들어, 반도체 실리콘 잉곳 생산에서 몰리브덴 도가니는 산화를 피하기 위해 고진공(<10⁻⁴ Pa) 환경에서 작동됩니다.

표면 코팅 기술(예: 몰리브덴 실리사이드, MoSi₂ 또는 산화지르코늄 ZrO₂ 코팅)은 내산화성을 크게 향상시킬 수 있습니다. 몰리브덴 규화물 코팅은 고온에서 안정적인 SiO₂ 보호층을 형성하여 도가니의 수명을 연장합니다.

내식성:

몰리브덴 도가니는 다양한 용융 금속(예: 희토류 금속, 알루미늄, 마그네슘) 및 산화물에 대한 우수한 내식성을 가지고 있습니다. 예를 들어, NdFeB 자석 생산에서 몰리브덴 도가니는 용융 네오디뮴의 부식을 견디고 제품 순도를 유지할 수 있습니다.

몰리브덴은 산(예: 염산 및 황산) 및 알칼리에 대한 내식성이 우수하지만 강한 산화성산(예: 질산) 또는 용융 알칼리에서 반응할 수 있습니다.

특정 고온 재료(예: 니켈 및 철 합금)와 접촉할 때 몰리브덴이 약간 부식될 수 있으며, 이는 표면 개질 또는 적절한 작동 조건의 선택으로 제어해야 합니다.

개선 조치:

희토류 산화물(예: CeO₂, La₂O₃)로 도핑하면 특히 용융 희토류 금속과 접촉할 때 몰리브덴 도가니의 내식성을 향상시킬 수 있습니다.

3.1.4 몰리브덴 도가니의 기계적 강도 및 인성

기계적 강도 :

실온에서 몰리브덴은 약 600-700 MPa 이며 고온 (1700 °C)에서 100-200 MPa 로 떨어집니다. 도핑(예: CeO₂)에 의해 고온 강도를 300MPa 까지 높일 수 있습니다.

몰리브덴 도가니는 약 200-250 HV 이며 도핑 후 300 HV 에 도달 할 수 있어 내마모성과 내충격성을 향상시킵니다.

단조 몰리브덴 도가니는 단조 공정이 기공을 제거하고 입자를 정제하기 때문에 분말

야금 도가니보다 높습니다.

강인 성:

몰리브덴은 실온에서 부서지기 쉽지만(연성이 제한됨) 고온(>1000°C)에서 우수한 인성을 나타내므로 열간 가공 및 고온 작업에 적합합니다.

몰리브덴 도가니는 적재 또는 하역 중 기계적 충격을 견딜 수 있습니다. 예를 들어, 회토류 제련에서 몰리브덴 도가니는 용융 금속의 충격을 깨지지 않고 견뎌야 합니다.

산화물 도핑 또는 결정립 크기 제어(<50µm)는 인성을 더욱 향상시키고 열 주기 동안 균열 성장을 줄일 수 있습니다.

실용적인 응용 프로그램:

대형 회토류 제련로에서 몰리브덴 도가니의 기계적 강도와 인성은 고온 및 고압에서 신뢰성을 보장합니다.

3.2 몰리브덴 도가니의 열적 및 기계적 성질

몰리브덴 도가니는 고온 환경, 특히 열팽창, 열충격 저항, 크리프 및 피로 성능 측면에서 성능을 결정합니다. 다음은 상세한 분석입니다.

3.2.1 몰리브덴 도가니의 열팽창 및 고온 변형

열팽창:

몰리브덴은 $4.8 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (20-1000°C)로 많은 금속(예: 알루미늄: $23 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) 및 세라믹(예: 알루미늄나: $8 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)보다 훨씬 낮습니다. 낮은 열팽창 계수는 고온에서 체적 변화를 줄이고 열 응력으로 인한 균열 위험을 줄입니다.

사파이어 결정 성장에서 몰리브덴 도가니의 낮은 열팽창은 도가니 모양이 2050°C 에서 안정적으로 유지되도록 하여 결정 성장의 결함을 방지합니다.

고온 변형 :

고온에서 몰리브덴 도가니는 열 응력 또는 외력으로 인해 약간 변형될 수 있습니다. 변형 정도는 도가니 벽 두께, 형상 및 가열 속도와 관련이 있습니다.

설계를 최적화하면(예: 벽 두께를 늘리거나 둥근 모서리를 사용) 변형을 줄일 수 있습니다. 예를 들어, 대형 몰리브덴 도가니의 벽 두께는 일반적으로 10-20mm 로 변형에 저항하는 능력을 향상시킵니다.

회토류 산화물을 도핑하면 고온 강성을 향상시키고 변형을 줄일 수 있습니다. 예를 들어, 1700°C 에서 세륨이 도핑된 몰리브덴 도가니의 변형은 순수 몰리브덴 도가니의 변형보다 약 20% 낮습니다.

Copyright and Legal Liability Statement

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model

Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

3.2.2 폴리브덴 도가니의 열충격 저항

열 충격 저항:

폴리브덴 도가니는 높은 열전도율, 낮은 열팽창 계수 및 특정 인성으로 인해 발생합니다. 이러한 특성으로 인해 급속 가열 또는 냉각으로 인한 열 응력을 견딜 수 있습니다.

희토류 제련에서 폴리브덴 도가니는 실온에서 1700°C 까지 급격한 온도 상승을 거쳐야 합니다. 열 충격 저항은 도가니가 균열되지 않도록 합니다.

영향 요인:

입자 크기: 미세한 입자(<50μm)는 열 응력을 분산시키고 열 충격 저항을 향상시킬 수 있습니다.

표면 품질: 광택 처리된 표면 또는 코팅은 표면 결함으로 인한 균열 전파를 줄일 수 있습니다.

작동 조건: 느린 가열 및 냉각 속도(예: <10°C/min)는 열 충격 저항을 더욱 향상시킬 수 있습니다.

개선 조치:

산화물(예: La₂O₃)을 추가하면 폴리브덴의 인성을 높이고 열충격 저항성을 향상시킬 수 있습니다.

3.2.3 폴리브덴 도가니의 크리프 및 장기 안정성

크리프 속성:

크리프(creep)는 고온에서 지속적인 응력 하에서 폴리브덴 도가니의 느린 변형입니다. 1700°C 에서 폴리브덴의 크리프 속도는 약 10 °C/s(응력 100MPa)이며 도핑에 의해 10 °C/s 로 감소할 수 있습니다.

크리프 속도는 온도, 응력 및 입자 크기와 밀접한 관련이 있습니다. 고온과 큰 입자는 크리프를 가속화합니다. 도핑과 미세한 입자는 속도를 늦춥니다.

장기적인 안정성:

폴리브덴 도가니는 크리프 저항과 내산화성에 따라 다릅니다. 진공 또는 불활성 분위기에서 세륨이 도핑된 폴리브덴 도가니는 심각한 변형 없이 수천 시간 동안 1700°C 에서 작동할 수 있습니다.

개선 조치:

크리프 저항성을 개선하기 위해 입자 크기(<30μm)를 제어했습니다.

고온 강성을 향상시키기 위해 산화물 또는 탄화물 강화 상(예: ZrO₂, TiC)을 추가합니다.

3.2.4 폴리브덴 도가니 피로 및 순환 사용

피로 성능:

폴리브덴 도가니는 반복되는 열 주기 동안 피로로 인해 미세 균열을 생성할 수

있습니다. 피로 성능은 입자 크기, 표면 결함 및 도핑 요소와 관련이 있습니다.

미세 입자 및 산화물 도핑된 몰리브덴 도가니는 피로 저항이 더 높습니다. 예를 들어, 세륨이 도핑된 몰리브덴 도가니는 1500°C 에서 200 회 이상의 열 주기를 견딜 수 있습니다.

재활용:

몰리브덴 도가니는 작동 조건 및 유지 보수 조치에 따라 다릅니다. 적절한 보호 분위기와 느린 온도 상승 및 하강 조건에서 몰리브덴 도가니는 수백 번 재사용 할 수 있습니다.

표면 코팅(예: MoSi₂)은 피로 균열 성장을 줄이고 사이클 수명을 연장할 수 있습니다.

실용적인 응용 프로그램:

반도체 산업에서 몰리브덴 도가니는 여러 번의 가열-냉각 주기를 거쳐야 하며 피로 저항은 생산 비용에 직접적인 영향을 미칩니다.

3.3 몰리브덴 도가니 미세 구조와 성능의 관계

몰리브덴 도가니는 입자 구조, 도핑 원소 및 표면 형태를 포함한 미세 구조와 밀접한 관련이 있습니다. 다음은 상세한 분석입니다.

3.3.1 입자 구조 및 방향

입자 구조:

몰리브덴 도가니는 일반적으로 10-100 μm 입니다. 미세 입자(<50μm)는 입자 경계 밀도를 증가시켜 강도, 인성 및 크리프 저항을 향상시킵니다.

큰 입자(>100μm)는 고온 강도를 감소시키고 균열 성장을 가속화할 수 있으므로 현대의 몰리브덴 도가니는 미세한 입자 구조를 채택하는 경향이 있습니다.

곡물 방향:

몰리브덴 도가니는 기계적 특성에 상당한 영향을 미칩니다. 단조 또는 압연 공정은 질감(예: <110> 방향을 유도하여 인장 강도와 열 충격 저항을 향상시킬 수 있습니다.

분말 야금 도가니와 같은 무작위 배향의 입자 구조는 등방성 응용 분야에서 더 일반적이지만 질감이 있는 도가니보다 약간 약합니다.

실용적인 응용 프로그램:

몰리브덴 도가니는 일관된 온도 분포를 보장하고 사파이어 결정 성장 중 결정 결함을 줄입니다.

3.3.2 도핑 요소의 영향

도핑 요소:

Copyright and Legal Liability Statement

일반적으로 사용되는 도핑 원소에는 산화세륨(CeO_2), 란타넘산화물(La_2O_3), 이트륨산화물(Y_2O_3) 및 티타늄 카바이드(TiC)가 있습니다. 이러한 원소는 고용체 강화 또는 2 상 강화를 통해 몰리브덴 도가니의 성능을 향상시킵니다.

산화세륨(0.5-2wt %)은 입자를 미세화하고 고온 강도와 크리프 저항성을 개선하며 내식성을 향상시킬 수 있습니다.

란탄 산화물은 인성과 열 충격 저항을 향상시켜 재활용 시나리오에 특히 적합합니다.

작용 메커니즘 :

도핑 원소는 결정립 경계에서 고정 효과를 형성하여 입자 성장과 크리프를 억제합니다.

산화물 입자는 열 응력을 분산시키고 균열 성장을 줄일 수 있습니다.

도핑은 또한 몰리브덴의 내산화성을 향상시킬 수 있습니다. 예를 들어, 산화 세륨은 안정적인 보호층의 형성을 촉진할 수 있습니다.

3.3.3 표면 형태 및 고온 성능

표면 형태학:

몰리브덴 도가니는 고온 성능에 중요한 영향을 미칩니다. 연마된 표면($Ra < 0.8\mu m$)은 균열 시작점을 줄이고 열충격 저항 및 내식성을 향상시킬 수 있습니다.

거친 표면($Ra > 2\mu m$)은 응력 집중으로 인해 균열을 일으켜 서비스 수명을 단축시킬 수 있습니다.

표면 개질:

코팅(예: $MoSi_2$, ZrO_2)은 표면 내산화성과 내식성을 향상시킬 수 있습니다. 예를 들어, $MoSi_2$ 코팅은 $1700^\circ C$ 에서 SiO_2 보호층을 형성하여 도가니의 수명을 크게 연장합니다.

플라즈마 스프레이 또는 화학 기상 증착(CVD)은 균일한 표면 코팅을 생성하여 고온 성능을 향상시킬 수 있습니다.

실용적인 응용 프로그램:

반도체 산업에서 연마된 몰리브덴 도가니의 낮은 표면 결함은 고순도 실리콘의 준비를 보장합니다.

3.4. 몰리브덴 도가니 수명 및 신뢰성

몰리브덴 도가니는 산업 응용 분야의 핵심 지표입니다. 다음은 수명에 영향을 미치는 요인, 고장 모드 및 신뢰성 테스트 방법의 세 가지 측면에 대한 분석입니다.

3.4.1 수명에 영향을 미치는 요인

작동 조건:

온도: $1700^\circ C$ 이상의 작동 온도는 크리프 및 산화를 가속화하여 수명을 단축시킵니다.

분위기: 산소를 함유한 분위기는 급격한 산화를 일으키며 진공 또는 불활성 가스

보호가 필요합니다.

열 순환: 잦은 가열-냉각 주기는 피로 균열의 위험을 증가시킵니다.

재료 품질:

고순도 Mo ($\geq 99.95\%$) 및 도핑 된 Mo 도가니는 저순도 제품보다 훨씬 낫습니다.

미세한 입자와 균일한 미세 구조는 더 긴 수명으로 이어집니다.

가공 기술:

단조 또는 가공된 도가니의 밀도와 기계적 특성은 분말 야금 도가니보다 우수하고 수명이 더 깁니다.

용접 도가니의 용접 품질은 서비스 수명에 중요한 영향을 미치며 엄격하게 제어해야 합니다.

3.4.2 고장 모드 분석

산화 실패:

산소를 함유한 대기에서는 폴리브덴 도가니 표면에 MoO_3 가 형성되고 휘발되어 재료 손실과 기공이 형성됩니다.

해결책: 보호 분위기 또는 산화 방지 코팅을 사용하십시오.

크리프 실패:

고온에서 지속적인 응력으로 인해 도가니가 천천히 변형되고 결국 파손됩니다.

해결책: 산화물을 도핑하거나 입자 구조를 최적화합니다.

열 피로 파괴:

반복되는 열 주기는 미세 균열 성장을 유도하여 도가니 파열로 이어졌습니다.

해결책: 표면을 연마하고 입자를 정제하며 천천히 온도를 높이거나 낮춥니다.

부식 실패:

용융 금속 또는 산화물과의 반응은 도가니 벽의 얇아짐 또는 천공을 유발합니다.

솔루션: 부식 방지 도핑 재료를 선택하거나 보호 코팅을 추가하십시오.

3.4.3 신뢰성 시험 방법

고온 크리프 시험:

1700°C 에서 일정한 응력을 가하고 크리프 속도와 변형을 측정하여 장기 안정성을 평가했습니다.

표준: ASTM E139(크리프 테스트 사양).

열 사이클 테스트:

실제 작동 조건을 시뮬레이션하여 균열 형성 및 성장을 관찰하기 위해 여러 번의 가열-냉각 사이클을 수행했습니다.

표준: ISO 1893(내화물에 대한 열충격 테스트).

항산화 테스트:

Copyright and Legal Liability Statement

산소 함유 분위기에서 600-1000°C 로 가열하여 산화 중량 증가 또는 재료 손실을 측정합니다.

표준 : ASTM G54 (고온 산화 테스트).

부식 테스트:

도가니는 용융 금속 또는 산화물에 노출되고 벽 두께 손실과 표면 변화가 측정됩니다.

표준 : ASTM G31 (부식 테스트 사양).

3.5 중국 텅스텐 지능형 몰리브덴 도가니 MSDS

물질안전보건자료(MSDS)는 몰리브덴 도가니의 사용, 보관 및 취급에 대한 안전 지침을 제공합니다. 다음은 [산업 표준 및 Chinatungsten 온라인 정보를 기반으로 Chinatungsten 지능형 몰리브덴 도가니에 대한 MSDS](#) 를 요약 한 것입니다.

1. 제품 식별

제품 이름 : 몰리브덴 도가니

화학명 : 몰리브덴 (Mo)

CAS 번호 : 7439-98-7

2. 위험 식별

물리적 상태 : 고체 금속, 은백색, 무취.

주요 위험 요소:

산화몰리브덴(MoO_3) 증기는 고온에서 방출될 수 있으며, 이는 흡입 시 호흡기 자극을 유발할 수 있습니다.

먼지나 절단 조각은 피부나 눈에 자극을 유발할 수 있습니다.

환경 영향: 몰리브덴은 독성이 낮은 금속이지만 폐기물은 규정에 따라 처리해야 합니다.

3. 성분 정보

주요성분 : 몰리브덴 ($\geq 99.95\%$)

불순물 : 탄소 ($< 0.01\%$), 산소 ($< 0.005\%$), 질소 ($< 0.003\%$)

도핑 원소 : 란탄 산화물 (La_2O_3 , 0.5-1 %)

4. 응급 처치 방법

흡입: 환자를 신선한 공기가 있는 곳으로 옮기고 증상이 지속되면 의사의 진료를 받으십시오.

피부 접촉: 노출된 부위를 비누와 물로 씻고 자극이 발생하면 의사와 상담하십시오.

눈 접촉: 다량의 물로 최소 15 분 동안 행구고 필요한 경우 의사의 진료를 받으십시오.

섭취: 드물지만 발생하는 경우 즉시 의사의 진료를 받으십시오.

5. 소방 대책

소화 방법 : 건조 분말 또는 이산화탄소 소화기를 사용하고 물을 사용하지 마십시오.

Copyright and Legal Liability Statement

산화몰리브덴 증기는 고온에서 방출될 수 있습니다. 소방관은 호흡기 보호 장비를 착용해야 합니다.

6. 누출 처리

청소 방법: 누출된 몰리브덴 먼지나 파편을 모아 먼지를 피하기 위해 밀폐된 용기에 넣으십시오.

보호 조치: 방진 마스크, 장갑 및 고글을 착용하십시오.

7. 취급 및 보관

작동 참고 사항:

먼지가 발생하지 않도록 환기가 잘 되는 곳에서 사용하십시오.

고온 작업은 산화를 방지하기 위해 진공 또는 불활성 분위기에서 수행해야 합니다.

저장 조건:

건조하고 서늘한 곳에 보관하고 강한 산화제와의 접촉을 피하십시오.

표면 산화를 방지하기 위해 방습 포장을 사용하십시오.

8. 노출 통제 및 개인 보호

엔지니어링 제어: 국소 배기 환기 장치를 사용하여 먼지와 증기를 제어합니다.

개인 보호 장비:

호흡기 보호: NIOSH 인증 방진 마스크.

손 보호: 고온 내성 장갑.

눈 보호: 안전 고글.

노출 한계: OSHA PEL(몰리브덴): 5mg/m³(호흡성 분진).

9. 물리적 및 화학적 특성

녹는점: 2623°C

밀도 : 10.28g/cm³

열전도율: 138 W/(m·K)

용해도 : 물에 불용성이며 질산 및 용융 알칼리에 용해됩니다.

10. 안정성 및 반응성

안정성 : 실온에서 안정하고 고온에서 쉽게 산화됩니다.

피해야 할 조건: 산소 함유 분위기, 강한 산화제, 고온 화염.

피해야 할 물질: 강산, 강염기, 산화제.

11. 독성 정보

급성 독성 : 낮은 독성. 고농도의 몰리브덴 가루를 흡입하면 가벼운 호흡기 자극을 유발할 수 있습니다.

만성 독성: 장기간 노출되면 폐 자극을 유발할 수 있으며 정기적인 건강 검진이 필요합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

발암성: IARC 에서 발암 물질로 분류되지 않습니다.

12. 생태 정보

환경 영향: 폴리브덴은 독성이 낮은 금속이지만 수질 오염을 방지하기 위해 폐기물을 적절하게 처리해야 합니다.

생물 축적: 중요한 생물 축적이 없습니다.

13. 폐기물 처리

폐기 방법 : 현지 규정에 따라 재활용하거나 전문 기관에 처리를 위탁하십시오.

참고 : 먼지 확산을 방지하기 위해 직접 덩핑을 피하십시오.

14. 배송 정보

운송 분류: 위험하지 않은 상품.

포장 요구 사항: 운송 안전을 보장하기 위해 방습 및 충격 방지 포장을 사용하십시오.

15. 규제 정보

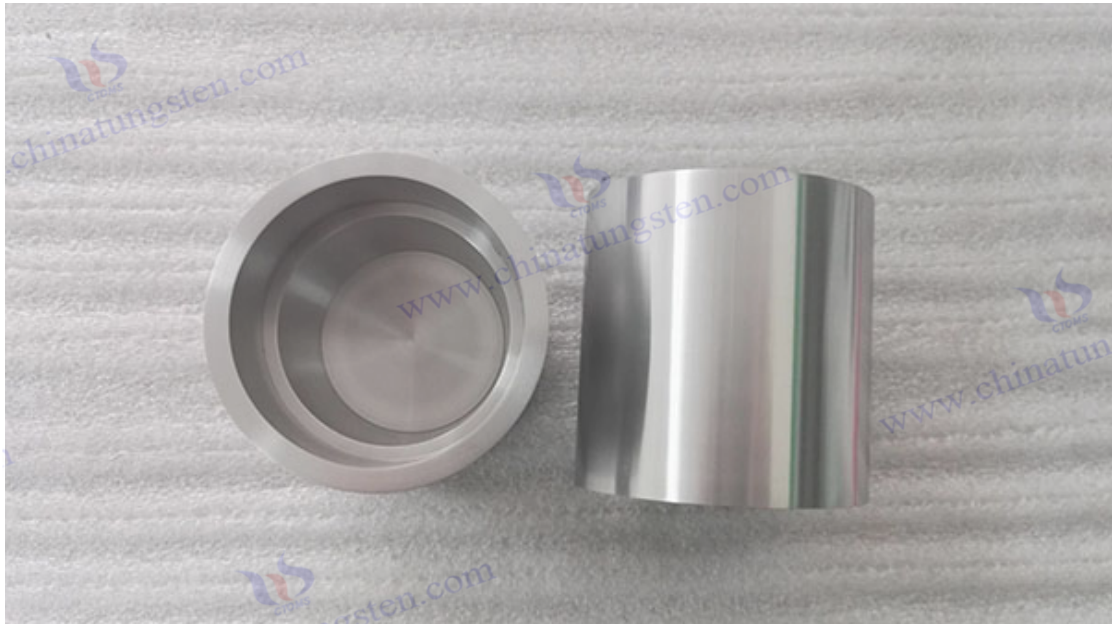
국제 규정: OSHA, REACH 및 RoHS 요구 사항을 준수합니다.

중국 규정: 유해 화학 물질의 안전 관리에 관한 규정을 준수합니다.

16. 기타 정보

공급 업체: CTIA GROUP LTD

전화: 0592-5129696/5129595



CTIA GROUP LTD 폴리브덴 도가니

Copyright and Legal Liability Statement

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model

Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

4 장 폴리브덴 도가니의 사용

폴리브덴 도가니는 높은 용점(2623°C), 우수한 내식성 및 고온 안정성으로 인해 많은 산업 및 과학 연구 분야에서 널리 사용됩니다. 이 장에서는 결정 성장, 고온 제련 및 용융, 진공 및 고온 열처리, 과학 연구 및 실험실 응용 분야, 신항 분야에서 폴리브덴 도가니의 구체적인 용도에 대해 자세히 설명하고 공정 세부 사항, 성능 요구 사항 및 글로벌 산업 관행을 다룹니다.

4.1 결정 성장

폴리브덴 도가니는 결정 성장 분야, 특히 사파이어, 실리콘 단결정 및 기타 결정 물질의 제조에서 중요한 역할을 합니다. 높은 순도($\geq 99.95\%$), 낮은 불순물 방출 및 고온 안정성은 결정의 고품질을 보장합니다.

4.1.1 사파이어 결정 (Czochralski 방법, 열교환 방법)

사파이어 (Al_2O_3) 단결정은 높은 경도 (Mohs 경도 9), 우수한 광학 투명성 및 열 안정성으로 인해 LED 기판, 광학 창, 시계 거울 및 레이저에 널리 사용됩니다. 폴리브덴 도가니는 사파이어 결정의 성장에 없어서는 안 될 용기이며 주로 Czochralski 방법 및 열교환 기 방법 (HEM)에 사용됩니다.

차이의 방법 :

공정 개요: Czochralski 방법은 폴리브덴 도가니(약 2050°C)에서 고순도 알루미나를 용융하고 종자 결정을 사용하여 용융물에서 단결정을 천천히 추출합니다. 폴리브덴 도가니는 안정적인 결정 성장을 보장하기 위해 고온을 견디고 균일한 온도 분포를 유지해야 합니다.

폴리브덴 도가니 요구 사항:

고온 안정성: 폴리브덴 도가니는 변형이나 균열을 방지하기 위해 2050°C 에서 구조적 무결성을 유지해야 합니다.

고순도: 불순물(예: 탄소 및 철)은 용융물을 오염시키고 결정의 광학적 특성에 영향을 줄 수 있습니다. 폴리브덴 도가니의 순도는 일반적으로 $\geq 99.95\%$ 여야 합니다.

열전도율: 폴리브덴의 높은 열전도율(138 W/(m·K))은 균일한 용융 온도를 보장하고 결정 결함을 줄입니다.

크기 및 디자인: Czochralski 공정에는 단조 또는 용접으로 준비된 대형 폴리브덴 도가니(직경 200-500mm, 벽 두께 10-20mm)가 필요합니다.

열교환 방법:

공정 개요: 열교환 방법은 폴리브덴 도가니에서 알루미나를 녹이고, 바닥 냉각 및 상단 가열을 사용하여 온도 구배를 형성하고, 아래에서 위로 결정의 성장을 촉진합니다. 이 방법은 대형 사파이어 결정(직경>300mm)의 생산에 적합합니다.

폴리브덴 도가니 요구 사항:

열 충격 저항: 열교환 방법에는 복잡한 온도 구배가 포함되며 폴리브덴 도가니는

Copyright and Legal Liability Statement

균열 없이 빠른 열 주기를 견뎌야 합니다.

내식성: 폴리브덴 도가니는 용융 알루미늄으로 인한 약간의 부식에 저항해야 합니다. 산화세륨(CeO_2)을 도핑하면 내식성을 향상시킬 수 있습니다.

기계적, 열적 응력을 견디기 위해 더 두꺼운 벽(15-30mm)을 가진 폴리브덴 도가니.

4.1.2 실리콘 단결정(Czochralski 방법)

반도체 및 태양광 산업의 핵심 소재로 칩 제조 및 태양 전지에 널리 사용됩니다. Czochralski 방법은 실리콘 단결정을 생산하는 주요 방법이며 폴리브덴 도가니는 일부 특수 공정에서 보조 용기 또는 고온 성분으로 사용됩니다.

프로세스 개요:

Czochralski 방법은 일반적으로 석영 도가니를 사용하여 고순도 실리콘(>99.9999%)을 용융하지만 일부 고온 보조 공정(예: 실리콘 잉곳 정제 또는 특수 도핑)에서는 폴리브덴 도가니를 사용하여 고온 실리콘 용융물 또는 관련 물질을 처리합니다.

폴리브덴 도가니는 고온 안정성과 내식성으로 인해 Czochralski 장비의 고온 필드 구성 요소(예: 열 차폐 또는 히터 지지대)에도 사용됩니다.

폴리브덴 도가니 요구 사항:

고순도: 폴리브덴 도가니의 불순물 방출은 실리콘 용융물의 오염을 방지하기 위해 매우 낮아야 합니다.

내식성: 실리콘 용융물(약 $1414^{\circ}C$)은 폴리브덴 도가니에 부식이 거의 없지만 미량 침식을 방지하기 위해 장기간 사용해야 합니다.

열 안정성: 폴리브덴 도가니는 Czochralski 방법의 열 환경에 적응하기 위해 $1500-1600^{\circ}C$ 에서 성능을 유지해야 합니다.

실용적인 응용 프로그램:

반도체 산업에서 폴리브덴 도가니는 붕소 도핑 또는 인 도핑 실리콘 결정의 준비와 같은 특수 실리콘 단결정의 도핑 공정에 사용됩니다. 실리콘 단결정 생산에서 고순도 폴리브덴 도가니의 보조 적용은 결정 순도와 생산 효율성을 향상시킵니다.

제한 사항: Czochralski 방법에서 폴리브덴 도가니를 직접 사용하는 것은 석영 도가니의 비용 이점에 의해 제한되지만 고순도 또는 특수 공정에서는 여전히 대체할 수 없습니다.

4.1.3 기타 결정 재료

폴리브덴 도가니는 갈륨 비소 (GaAs), 인화 인듐 (InP), 리튬 탄탈 레이트 ($LiTaO_3$) 및 석영 결정을 포함한 다른 결정 성 물질의 성장에도 사용됩니다.

갈륨 비소 및 인듐 인화물:

용도: 갈륨 비소 및 인듐 인화물은 5G 통신 및 광전자 장치에 사용되는 고주파 반도체 재료입니다.

Copyright and Legal Liability Statement

프로세스: 수평 브리지맨 방법 또는 수직 구배 응고 방법(VGF)에서 폴리브덴 도가니는 용융 및 결정 성장에 사용되며 1200-1400°C 에서 작동해야 합니다.

요구 사항: 폴리브덴 도가니는 비소 또는 인 증기의 부식에 저항해야 하며 일반적으로 내구성을 향상시키기 위해 표면 코팅(예: MoSi₂)으로 코팅됩니다.

리튬 탄탈레이트와 석영 결정:

응용 프로그램: 리튬 탄탈레이트는 표면 음파 장치에 사용되며 석영 결정은 발진기 및 센서에 사용됩니다.

프로세스: 폴리브덴 도가니는 Czochralski 공정 또는 용융 공정에서 용기로 사용되며 작동 온도는 일반적으로 1200-1600°C 입니다.

요구 사항: 폴리브덴 도가니는 결정의 광학 및 전기적 특성을 보장하기 위해 안정적인 열장과 저불순물 환경을 제공해야 합니다.

4.2 고온 제련 및 용융

폴리브덴 도가니는 희토류 금속, 비철금속, 합금 및 귀금속을 고온 제련 및 용융으로 처리하는 데 사용됩니다. 그들의 내식성과 고온 강도는 그들에게 이상적인 선택입니다.

4.2.1 희토류 금속

희토류 금속(예: 네오디뮴, 세륨 및 디스프로슘)은 자석, 합금 및 촉매에 적용되기 때문에 수요가 많습니다. 폴리브덴 도가니는 희토류 금속 제련에서 제련 및 정제에 사용됩니다.

프로세스 개요:

희토류 금속은 일반적으로 1500-1700°C 의 작동 온도에서 전기분해 또는 진공 제련에 의해 산화물 또는 할로겐화물에서 추출됩니다.

폴리브덴 도가니는 용융 희토류 금속의 강한 부식성을 견디고 고순도를 유지해야 합니다.

폴리브덴 도가니 요구 사항:

고온에서 부식성이 있습니다. 폴리브덴 도가니는 내식성을 향상시키기 위해 도핑(예: CeO₂) 또는 표면 코팅이 필요합니다.

고온 강도: 폴리브덴 도가니는 변형이나 균열을 방지하기 위해 1700°C 에서 기계적 강도를 유지해야 합니다.

낮은 불순물: 폴리브덴 도가니의 순도(≥99.95%)는 희토류 금속(>99.9%)의 고순도를 보장합니다.

실용적인 응용 프로그램:

NdFeB 자석의 생산에서 폴리브덴 도가니는 자석의 고성능 요구 사항을 충족하기 위해 고순도 네오디뮴을 용융하는 데 사용됩니다.

Copyright and Legal Liability Statement

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model

Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

4.2.2 비철금속 및 합금

몰리브덴 도가니는 비철금속(예: 알루미늄, 마그네슘, 티타늄) 및 고온 합금(예: 니켈 기반 합금 및 코발트 기반 합금)의 제련에 널리 사용됩니다.

프로세스 개요:

비철금속 및 합금은 1200-1800°C 범위의 온도에서 진공 유도 용융 또는 아크 용융에 의해 생산됩니다.

몰리브덴 도가니는 제품 품질과 일관성을 보장하기 위해 고순도 금속 또는 합금을 용융하는 데 사용됩니다.

몰리브덴 도가니 요구 사항:

내식성: 몰리브덴 도가니는 용융 알루미늄 또는 마그네슘의 부식에 저항해야 하며 산화물을 도핑하면 서비스 수명을 연장할 수 있습니다.

열 안정성: 몰리브덴 도가니는 열 응력으로 인한 변형을 피하기 위해 고온에서 모양을 유지해야 합니다.

크기 유연성: 소형 실험실 도가니(용량 <1L)에서 산업용 등급 도가니(용량 >10L)에 이르기까지 몰리브덴 도가니는 필요에 따라 맞춤화할 수 있습니다.

실용적인 응용 프로그램:

항공 우주 산업에서 몰리브덴 도가니는 니켈 기반 고온 합금을 용융하여 터빈 블레이드와 엔진 부품을 생산하는 데 사용됩니다.

4.2.3 귀금속 정제

몰리브덴 도가니는 귀금속(예: 금, 은, 백금, 팔라듐)의 정제 및 회수에서 고온 제련 및 정제에 사용됩니다.

프로세스 개요:

귀금속은 1000-2000°C 범위의 온도에서 진공 용융 또는 화학 정제에 의해 정제됩니다. 몰리브덴 도가니는 귀금속의 고순도(>99.99%)와 낮은 불순물을 보장하기 위해 용융 용기로 사용됩니다.

몰리브덴 도가니 요구 사항:

화학적 불활성: 몰리브덴 도가니는 오염을 방지하기 위해 용융 귀금속과의 반응을 피해야 합니다.

고순도: 몰리브덴 도가니(예: 탄소<0.01%)의 낮은 불순물 방출은 귀금속의 품질을 보장합니다.

내산화성: 산소를 함유한 분위기에서 몰리브덴 도가니는 보호 분위기 또는 코팅에 의해 산화로부터 보호되어야 합니다.

실용적인 응용 프로그램:

보석 및 전자 산업에서 몰리브덴 도가니는 정밀 제조 요구 사항을 충족하기 위해 고순도 백금을 정제하는 데 사용됩니다.

Copyright and Legal Liability Statement

4.3 진공 및 고온 열처리

몰리브덴 도가니는 진공 및 고온 열처리 공정에서 재료 소결, 어닐링 및 성능 최적화에 사용되며 분말 야금, 항공 우주 및 전자 산업에서 널리 사용됩니다.

4.3.1 진공 열처리

진공 열처리로는 금속 및 합금의 기계적 특성을 개선하는 데 사용되며 몰리브덴 도가니는 용기 또는 열장 구성 요소로 사용됩니다.

프로세스 개요:

진공 열처리는 1000-1800°C 의 온도 범위에서 10 °C -10 °C 의 진공 환경에서 수행됩니다.

몰리브덴 도가니는 가공할 재료(예: 티타늄 합금, 강철)를 운반하거나 열 차폐 및 히터 지지대와 같은 구성 요소로 사용됩니다.

몰리브덴 도가니 요구 사항:

내산화성: 진공 환경은 몰리브덴의 산화를 효과적으로 방지하고 도가니의 수명을 보장합니다.

고온 강도: 몰리브덴 도가니는 고온에서 기계적 응력을 견뎌야 하며 산화물을 도핑하면 강도가 증가할 수 있습니다.

열전도율: 몰리브덴의 높은 열전도율은 균일한 열장을 보장하고 열처리 효과를 최적화합니다.

실용적인 응용 프로그램:

항공 우주 산업에서 몰리브덴 도가니는 강도와 내식성을 향상시키기 위해 티타늄 합금의 진공 열처리에 사용됩니다.

4.3.2 분말 야금 및 소결

분말 야금은 프레스 및 소결을 통해 고성능 재료를 제조하고 몰리브덴 도가니는 고온 소결 공정에 사용됩니다.

프로세스 개요:

금속 또는 세라믹 분말을 1200-1800°C 의 몰리브덴 도가니에서 소결하여 밀도가 높은 재료를 형성합니다.

몰리브덴 도가니는 산화 및 오염을 방지하기 위해 진공 또는 불활성 분위기에서 작동해야 합니다.

몰리브덴 도가니 요구 사항:

화학적 안정성: 몰리브덴 도가니는 제품 순도를 유지하기 위해 분말 재료와의 반응을 피해야 합니다.

크리프 저항: 장기간 고온 작동을 위해서는 몰리브덴 도가니가 크리프 속도가 낮아야 합니다.

표면 품질: 광택 표면($Ra < 0.8 \mu m$)은 분말 접착력을 감소시키고 청소를 용이하게

Copyright and Legal Liability Statement

합니다.

실용적인 응용 프로그램:

초경합금 생산에서 몰리브덴 도가니는 텅스텐 카바이드 분말 을 소결하여 절삭 공구의 높은 경도와 내마모성을 보장하는 데 사용됩니다.

4.3.3 고온 어닐링

고온 어닐링은 재료의 내부 응력을 제거하고 결정 구조를 개선하는 데 사용되며 몰리브덴 도가니는 어닐링 용기로 사용됩니다.

프로세스 개요:

어닐링 온도는 일반적으로 1000-1600°C이며 진공 또는 불활성 분위기에서 수행됩니다. 몰리브덴 도가니는 금속, 합금 또는 세라믹 샘플을 고정하고 균일한 가열 및 냉각을 보장합니다.

몰리브덴 도가니 요구 사항:

열 안정성: 몰리브덴 도가니는 변형을 피하기 위해 고온에서 안정적인 모양을 유지해야 합니다.

낮은 열팽창: 몰리브덴의 낮은 열팽창 계수($4.8 \times 10^{-6} / K$)는 열 응력을 줄입니다.

내식성: 몰리브덴 도가니는 특정 어닐링 재료(예: 니켈 합금)로 인한 약간의 부식에 저항해야 합니다.

실용적인 응용 프로그램:

스테인리스강 생산에서 몰리브덴 도가니는 재료의 연성과 내식성을 향상시키기 위해 고온 어닐링에 사용됩니다.

4.4 과학 연구 및 실험실 응용

몰리브덴 도가니는 고온 실험, 재료 테스트 및 최첨단 연구를 위한 과학 연구 및 실험실에서 사용됩니다. 높은 순도와 안정성으로 정확한 실험 결과를 얻을 수 있습니다.

4.4.1 고온 시험 장비

몰리브덴 도가니는 고온 실험 장비(예: 관로 및 도가니로)의 반응 용기 또는 가열 부품으로 사용됩니다.

응용 프로그램 시나리오:

재료 합성: 몰리브덴 도가니는 새로운 합금, 세라믹 또는 복합 재료의 고온 합성에 사용됩니다.

화학 반응: 몰리브덴 도가니는 산화물 환원 또는 증기 증착과 같은 고온 화학 반응을 지원합니다.

온도 범위: 1000-2000°C, 일반적으로 진공 또는 불활성 대기에서.

Copyright and Legal Liability Statement

몰리브덴 도가니 요구 사항:

고순도: 실험 결과를 방해하는 불순물을 피하십시오.

소형 설계: 실험실 허가 요건: 실험실 몰리브덴 도가니는 일반적으로 크기가 작아서(용량 < 500 mL) 취급이 용이합니다.

열 충격 저항: 급격한 온도 상승 및 하강 실험을 지원합니다.

실용적인 응용 프로그램:

고온 초전도 재료(예: YMCO), 몰리브덴 도가니는 고온 안정성을 보장하기 위해 초전도 세라믹을 소결하는 데 사용됩니다.

4.4.2 재료 성능 테스트

몰리브덴 도가니는 크리프, 피로 및 내식성과 같은 고온에서 재료 특성을 테스트하는 데 사용됩니다.

응용 프로그램 시나리오:

크리프 시험: 1700°C에서 일정한 응력을 가하고 재료의 변형을 측정합니다.

부식 테스트: 내식성을 평가하기 위해 재료를 용융 금속 또는 산화물에 노출시킵니다.

열 피로 시험: 열 사이클을 시뮬레이션하고 균열 성장을 관찰합니다.

몰리브덴 도가니 요구 사항:

고온 강도: 고장 없이 장기간 테스트를 지원합니다.

화학적으로 불활성: 테스트 재료와의 반응을 피합니다.

표면 품질: 광택 처리된 표면은 간섭을 줄입니다.

실용적인 응용 프로그램:

항공우주 재료 테스트에서 몰리브덴 도가니는 니켈 기반 합금의 고온 특성을 평가하는 데 사용됩니다.

4.4.3 핵 물질 및 플라즈마 연구

몰리브덴 도가니는 핵 물질 및 플라즈마 연구의 고온 실험 및 재료 준비에 사용됩니다.

응용 프로그램 시나리오:

핵 물질: 몰리브덴 도가니는 고온 용융염 반응기 물질의 호환성을 테스트하는 데 사용됩니다.

플라즈마 연구: 몰리브덴 도가니는 고온 및 강한 방사선을 받는 플라즈마 발생기의 용기로 사용됩니다.

온도 범위: 1500-2000°C, 매우 높은 내구성이 필요합니다.

몰리브덴 도가니 요구 사항:

방사선 저항: 몰리브덴 도가니는 중성자 또는 플라즈마 방사선으로 인한 손상에 저항해야 합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

고온 안정성: 장기간 고온 작동을 지원합니다.
내식성 : 용융염 또는 플라즈마에 의한 부식에 강합니다.

실용적인 응용 프로그램:

ITER(International Thermonuclear Experimental Reactor) 연구에서 몰리브덴 도가니는 고온 플라즈마 물질의 성능을 테스트하는 데 사용됩니다.

4.5 새로운 응용 프로그램

적층 제조, 항공 우주 및 핵융합과 같은 신종 분야의 몰리브덴 도가니는 첨단 기술 산업에서의 잠재력을 반영하여 빠르게 확장되고 있습니다.

4.5.1 적층 제조

적층 제조(3D 프린팅)는 복잡한 금속 부품을 생산하는 데 사용되며 몰리브덴 도가니는 고온 분말 용융에 중요한 역할을 합니다.

응용 프로그램 시나리오:

레이저 또는 전자빔 용융: 몰리브덴 도가니는 1500-1800°C 의 온도에서 티타늄 합금, 니켈 합금 및 기타 분말을 용융하는 데 사용됩니다.

파우더 베드 융합: 몰리브덴 도가니는 고온 균일성을 보장하기 위해 분말 용기 역할을 합니다.

몰리브덴 도가니 요구 사항:

열전도율: 빠른 용융 및 응고를 지원합니다.

내식성 : 금속 분말에 의한 침식에 강합니다.

소형화: 소형 3D 프린팅 장비에 적합합니다.

실용적인 응용 프로그램:

항공 부품 제조에서 몰리브덴 도가니는 티타늄 합금 부품의 3D 프린팅에 사용되어 생산 효율성을 향상시킵니다.

4.5.2 항공우주

몰리브덴 도가니는 고온 재료 준비 및 테스트를 위해 항공 우주 분야에서 사용됩니다.

응용 프로그램 시나리오:

고온 합금: 몰리브덴 도가니는 니켈 기반 또는 코발트 기반 합금을 용융하여 터빈 블레이드를 생산하는 데 사용됩니다.

복합 재료: 몰리브덴 도가니는 1600-1800°C 의 온도에서 세라믹 매트릭스 복합 재료(CMC)를 소결하는 데 사용됩니다.

열 보호 재료: 몰리브덴 도가니는 우주선의 열 보호 재료의 성능을 테스트하는 데 사용됩니다.

몰리브덴 도가니 요구 사항:

Copyright and Legal Liability Statement

고온 강도: 장기간 고온 작동을 지원합니다.

열 충격 저항: 빠른 열 순환을 견딥니다.

고순도: 일관된 재료 특성을 보장합니다.

실용적인 응용 프로그램:

Boeing 은 몰리브덴 도가니를 사용하여 차세대 엔진의 요구 사항을 충족하는 고온 합금을 생산합니다.

4.5.3 핵융합 장치

핵융합 장치(예: 토카막 및 관성 구속 핵융합)에는 고온 재료가 필요하며 몰리브덴 도가니는 재료 준비 및 테스트에 사용됩니다.

응용 프로그램 시나리오:

플라즈마 표면 재료(PFM): 몰리브덴 도가니는 1800-2000°C 의 온도에서 텅스텐 기반 또는 몰리브덴 기반 PFM 을 소결하는 데 사용됩니다.

연료 용기: 몰리브덴 도가니는 중수소-삼중수소 연료 또는 기타 고온 물질을 녹이는 데 사용됩니다.

고온 테스트: 몰리브덴 도가니는 융합 환경을 시뮬레이션하고 재료 특성을 테스트하는 데 사용됩니다.

몰리브덴 도가니 요구 사항:

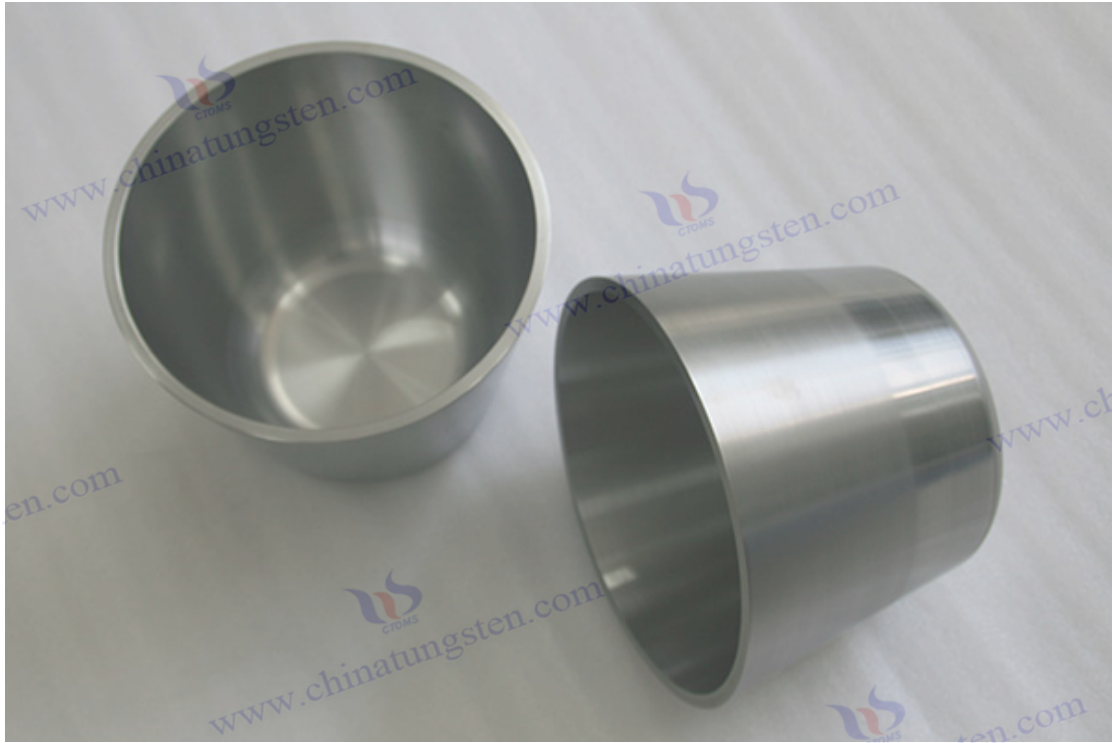
방사선 저항: 고에너지 중성자 및 플라즈마 방사선에 내성이 있습니다.

고온 안정성: 매우 높은 온도(>2000°C)에서 작동을 지원합니다.

내식성 : 플라즈마 및 용융 물질에 의한 침식에 강합니다.

실용적인 응용 프로그램:

중국의 EAST 토카막 장치에서는 몰리브덴 도가니를 사용하여 플라즈마 표면에서 재료의 내구성을 테스트합니다.



CTIA GROUP LTD 폴리브덴 도가니

Chapter 5 : 폴리브덴 도가니 제조 공정 및 기술

폴리브덴 도가니는 원료 정제, 분말 야금, 정밀 가공 및 표면 처리를 통합하는 복잡한 기술 시스템입니다. 목표는 고순도, 고밀도, 고온 및 내식성 도가니를 생산하여 사파이어 결정 성장, 회토류 제련 및 반도체 제조와 같은 고급 응용 분야의 요구 사항을 충족하는 것입니다. 이 장에서는 원료 선택 및 준비, 야금 공정, 가공 및 마무리, 생산 장비 및 자동화 등을 포함하여 폴리브덴 도가니의 제조 과정을 종합적이고 심층적으로 탐구하고 주요 글로벌 기업의 기술 관행 및 학술 연구를 참조하여 자세한 기술 세부 사항 및 공정 매개변수를 제공합니다.

5.1 원료 선택 및 준비

폴리브덴 도가니는 원료의 품질, 특히 폴리브덴 분말의 순도, 입자 크기 분포 및 미세 구조에 직접적으로 의존합니다. 원료의 선택 및 준비는 도가니 성능의 일관성과 신뢰성을 보장하기 위한 기초입니다.

5.1.1 폴리브덴 광석 정제

폴리브덴은 주로 폴리브데나이트(MoS_2)에서 추출되며, 정제 공정에는 고순도 폴리브덴 화합물을 생산하기 위한 광석 드레싱, 로스팅, 화학 처리 및 정제가 포함됩니다.

광석 드레싱:

공정 흐름: 폴리브데나이트는 분쇄, 연삭 및 부유선광에 의해 원료 광석에서

Copyright and Legal Liability Statement

분리됩니다. 원광석은 일반적으로 0.1-0.5% 몰리브덴을 함유하고 있으며, 부유 선광 후 50-60% 몰리브덴을 함유한 농축액을 얻습니다.

부양 기술:

수집기: 크 산틴 산 (예: 부틸 크 산테이트, 농도 0.1-0.5 g / L)은 황화 몰리브덴의 소수성을 향상시킵니다.

발포제: 파인 오일(농도 0.05-0.2g/L)은 안정적인 거품을 생성합니다.

억제제: 규산나트륨(0.5-2g/L)은 규산염 광물을 억제하고 몰리브덴 선택성을 향상시킵니다.

회수율: 고품질 부유 선광 공정은 90-95%에 도달할 수 있으며 광미의 몰리브덴 함량은 <0.02%입니다.

첨단 기술: 고압 연삭 롤러(HPGR)는 연삭 효율을 향상시키고 에너지 소비를 20-30% 줄일 수 있습니다. 다단계 부유선광(예: 황삭-청소-소거)은 불순물(예: Si, Fe, Cu)을 더욱 줄입니다.

구이:

공정 흐름: 몰리브덴 농축액을 회전식 가마 또는 다중 노상로에서 600-700 °C 에서 로스팅하고 MoS₂를 삼산화 몰리브덴 (MoO₃)으로 산화시키고 반응은 $2\text{MoS}_2 + 7\text{O}_2 \rightarrow 2\text{MoO}_3 + 4\text{SO}_2$ 입니다.

프로세스 매개 변수:

산소 농도: 20-25%, 몰리브덴의 과도한 산화 및 휘발을 피하기 위해.

로스팅 시간: 4-8 시간, 황 함량 <0.1%)을 보장합니다.

테일 가스 처리: 습식 탈황(Ca(OH)₂ 용액)을 사용하여 SO₂를 제거하여 배출 기준(예: 중국 GB 28662)을 충족합니다.

장비: 로터리 킬른 (직경 1-3m, 길이 10-20m)은 로스팅 효율을 높이기 위해 정밀 온도 제어 시스템 (±10 °C)을 갖추고 있습니다.

화학적 정화:

암모니아 용해: MoO₃는 암모니아 수성 (농도 10-15%)과 반응하여 몰리브덴산 암모늄 용액을 형성 한 다음 여과하여 불용성 불순물 (예: SiO₂ 및 Fe₂O₃)을 제거한 다음 소성 (500-600 °C)하여 MoO₃ (순도 99.9%)를 생성합니다.

정제:

전자빔 용융: 진공도 <10⁻⁵ Pa 와 >3000°C 의 온도에서 MoO₃를 용융하여 휘발성 불순물(예: S 및 P)을 제거합니다.

순도 ≥99.95%의 몰리브덴 금속은 국소 고온(>2600°C)에서 다중 정제를 통해 얻어집니다.

Copyright and Legal Liability Statement

환경 보호 및 재활용:

폐액은 중화 및 침전으로 처리되어 몰리브덴산 암모늄을 회수합니다(회수율>80%).
배기 가스는 탈황 및 먼지 제거 후 배출되며 SO₂ 농도는 <50mg/m³로 EU REACH
규정을 준수합니다.

5.1.2 몰리브덴 분말 품질 요구 사항

몰리브덴 분말은 몰리브덴 도가니를 제조하기 위한 핵심 원료입니다. 순도, 입자 크기,
형태 및 유동성은 도가니의 밀도와 성능에 직접적인 영향을 미칩니다.

순도:

표준: 일반 몰리브덴 도가니는 99.95%≥ 몰리브덴 분말 순도가 필요하고 고급 응용
분야(예: 사파이어 결정 성장)에는 99.99%≥ 필요합니다.

불순물 한계:

고온에서 몰리브덴 카바이드 (Mo₂C).
산소 (O): <0.005 %, 소결 결함을 피하기 위해.
질소 (N): <0.003 %, 입계 취성을 줄입니다.
금속 불순물(Fe, Si, Al): <0.001%, 용융 순도 보장.

감지 방법:

유도 결합 플라즈마 질량 분석법(ICP-MS): <0.1ppm 의 정확도로 금속 불순물을
검출합니다.
산소 및 질소 분석기: <0.001%의 정확도로 O 및 N 함량을 측정합니다.
탄소 및 황 분석기: <0.005%의 정확도로 C 및 S 함량을 측정합니다.

입자 크기 및 형태:

입자 크기 범위: 1-10 μm, 평균 입자 크기 3-5 μm. 미세한 입자 크기는 소결 활성을
향상시키고 균일한 입자 크기 분포(D50 / D90 <2)는 빌릿 일관성을 보장합니다.
형태: 거의 구형 또는 다면체 입자, 표면적 2-5m²/g, 막대 모양이나 벗겨지기 쉬운
입자(유동성 불량)를 피합니다.
생산 기술:
플라즈마 분무 : 유동성이 <25 s / 50g 의 구형 몰리브덴 분말을 생산합니다.
분무 건조: 입자 크기 분포 제어, D50 편차 <0.5μm.

유동성 및 겉보기 밀도:

겉보기 밀도: 1.0-2.5g/cm³, 가급적이면 2.0g/cm³ 이상으로 프레스 효율 향상.
유동성 : 흘 유량 <30 s / 50g 으로 금형의 균일 한 충전을 보장합니다.
시험 방법: ASTM B213(유동성 시험), ASTM B212(겉보기 밀도 시험).

생산 과정:

수소 환원: MoO₃는 900-1100°C 에서 수소 흐름(순도 99.999%)에서 몰리브덴 분말로
환원됩니다. 이 프로세스는 두 단계로 나뉩니다.

Copyright and Legal Liability Statement

저온 감소(600-800°C): MoO₂를 생성하고 산소 함량을 제어합니다.

고온 감소(900-1100°C): 폴리브덴 분말을 생성하고 입자 크기를 미세 조정합니다.

매개 변수 최적화:

수소 유량: 0.5-2m³/h, 적절한 감소를 보장합니다.

감소 시간 : 6-12 시간, 제어 된 입자 크기 <5 μm.

5.1.3 도핑 및 합금

도핑 및 합금은 미량 원소 또는 금속을 첨가하여 폴리브덴 도가니의 고온 강도, 크리프 저항 및 내식성을 향상시킵니다.

도핑 요소:

산화세륨(CeO₂) : 0.5-2wt%, 입자(<30μm)를 미세화하고 1700°C(>300MPa)에서 인장 강도를 증가시킵니다.

란탄 산화물 (La₂O₃) : 0.5-1 중량 %, 인성 및 열 충격 저항을 향상시키고 사이클 수명을 연장합니다.

이트륨 산화물 (Y₂O₃) : 0.5-1 wt %, 내산화성 및 내식성을 향상시킵니다.

티타늄 카바이드 (TiC) : 0.1-0.5 중량 %, 향상된 경도 (>300 HV) 및 내마모성.

도핑 방법:

건식 혼합 : 폴리브덴 분말과 도펀트를 고 에너지 볼 밀 (200-400 rpm, 2-4 시간)을 사용하여 혼합합니다.

습식 혼합 : 균일 한 복합 분말을 분무 건조 (입구 온도 200 °C, 출구 온도 80 °C)에 의해 제조했다.

합금:

Mo-W 합금 : 10-30 % 텅스텐 (www.tungsten.com.cn)을 포함하며 용점은 2800 °C 로 증가하여 초고온 응용 분야에 적합합니다.

Mo-Re 합금: 5-25% 레늄을 함유하여 실온 인성과 고온 강도를 향상시킵니다.

Mo-Zr 합금: 0.5-2% 지르코늄을 함유하고 내식성을 향상시키며 희토류 세련에 적합합니다.

합금 방법:

공동 환원 : MoO₃ 및 WO₃ 는 수소에서 공동 환원되고 환원 온도는 제어 (1000-1200 °C)됩니다.

기계적 합금: 고에너지 볼 밀링은 폴리브덴 분말과 합금 원소를 10:1 의 볼 대 재료 비율로 4-8 시간 동안 혼합합니다.

성능 향상:

-1700°C 에서 도핑된 폴리브덴 도가니는 10-%s 로 감소하고 서비스 수명이 50% 연장됩니다.

Mo-W 합금 도가니는 여전히 2000°C 에서 >200MPa 의 인장 강도를 유지합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

탐지:

에너지 분산 분광법(EDS)과 결합된 주사 전자 현미경(SEM)은 도핑 원소 분포의 균일성을 확인했습니다.

X 선 회절(XRD)은 불순물이 생성되지 않도록 하기 위해 상 조성을 분석하는 데 사용됩니다.

5.1.4 원료 테스트

엄격한 원료 테스트를 통해 몰리브덴 분말 및 도펀트의 품질이 도가니 제조 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.

화학 성분 분석:

ICP-MS: Fe, Si, Al 등의 금속 불순물을 검출하며, 검출 한계는 <0.05ppm 입니다.

산소 및 질소 분석기: <0.001%의 정확도로 O 및 N 함량을 측정합니다.

탄소 및 황 분석기: <0.005%의 정확도로 C 및 S 함량을 측정합니다.

물리적 성능 테스트:

레이저 입자 크기 분석기: 입자 크기 분포, D10, D50, D90 편차 <0.5 μ m 를 측정합니다.

홀 유량계: 테스트 유동성, 정확도 ± 0.5 초.

걸보기 밀도계: $\pm 0.01\text{g/cm}^3$ 의 정확도로 벌크 밀도를 측정합니다.

미세 구조 관찰 :

SEM: 몰리브덴 분말의 형태를 분석하고 1000-5000 배로 확대합니다.

투과전자현미경(TEM): 나노스케일 입자 구조를 관찰하고 결정 결함이 없는지 확인합니다.

ARD: 결정 구조를 감지하고 몰리브덴 분말이 신체 중심 입방체(BCC) 구조인지 확인합니다.

기술표준 및 사양:

ASTM B386 (몰리브덴 및 몰리브덴 합금 표준) 및 GB / T 3462 (중국 몰리브덴 재료 표준)를 준수합니다.

ISO 17025 인증 연구소는 테스트의 신뢰성을 보장합니다.

5.2 야금술 과정

야금 공정은 몰리브덴 분말을 고밀도 빌릿으로 변환하여 몰리브덴 도가니의 초기 구조를 형성하며 프레스 및 소결, 단조 및 압연, 회전 및 스트레칭과 같은 기술을 포함합니다.

5.2.1 프레스 및 소결

몰리브덴 도가니는 분말 성형 및 고온 고밀도화를 통해 블랭크됩니다.

5.2.1.1 등압 프레스

프로세스 개요:

Copyright and Legal Liability Statement

CIP(Cold Isostatic Pressing)는 고압 액체(오일 또는 물)를 사용하여 몰리브덴 분말에 등방성 압력을 가하여 고밀도 빌렛을 제조합니다.

압력: 100-300 MPa, 바람직하게는 200 MPa.

유지 시간: 공백의 크기에 따라 5-10 분.

녹색체 밀도: 6.0-7.0g/cm³(이론 밀도 60-70%)로 소결을 위한 균일한 구조를 제공합니다.

설비:

등압 프레스 : 압력 범위 50-400 MPa, 고압 펌프 (전력 50-200 kW) 장착.

금형: 유연한 금형(예: 고무 또는 폴리우레탄), 내압성>300MPa, 도가니 설계에 따른 모양(원통형 또는 원추형).

금형 설계는 최종 치수 정확도(±0.5mm)를 보장하기 위해 소결 수축(15-20%)을 고려합니다.

프로세스 최적화:

몰리브덴 분말 전처리: 진공 탈기(200-300°C, 진공도 <10⁻² Pa)를 사용하여 흡착 가스를 제거하고 산소 함량<0.005%)을 줄입니다.

바인더: 폴리비닐 알코올(PVA, 0.5-1wt %) 또는 폴리에틸렌 글리콜(PEG, 0.3-0.8wt %)을 첨가하면 블랭크의 강도를 향상시킬 수 있으며 소결(400-600°C) 전에 휘발해야 합니다.

금형 충전: 진동 충전(주파수 50-100Hz)은 밀도 편차 <2%)로 몰리브덴 분말의 균일한 분포를 보장합니다.

사례 : China Tungsten Online 의 등압 프레스 공정은 양방향 진동 충전을 통해 빌렛의 밀도 균일 성을 15 % 향상시킵니다.

품질 관리:

초음파 테스트: 블랭크에 내부 균열이나 박리가 없는지 확인합니다.

밀도 측정: 부력 방법은 ±0.01g/cm³의 정확도로 블랭크의 밀도를 테스트하는 데 사용됩니다.

5.2.1.2 소결로 및 분위기

소결 과정:

온도: 1800-2200°C, 단계별 가열:

저온 (<1200 °C): 수분, 바인더 및 가스를 제거하고 가열 속도 5-10 °C / min.

중간 온도 (1200-1600 °C): 입자 표면 활성화, 넥 형성, 가열 속도 3-5 °C / min.

고온 (1600-2200 °C): 4-8 시간 동안 곡물 성장, 치밀화 및 보온.

최종 밀도: 9.8-10.2g/cm³(>95% 이론 밀도), 다공성 <1%.

수축률: 15-20%, 치수 편차(±0.2mm)는 금형 설계 및 공정 최적화를 통해 제어해야 합니다.

소결 분위기 :

진공 소결:

Copyright and Legal Liability Statement

진공도: <10 °C Pa, 바람직하게는 <10 °C Pa.

장점: 산화를 방지하고 불순물 오염을 줄여 고순도 도가니에 적합합니다.

장비: 휘발성 불순물을 모으기 위하여 콘덴서 장비하는(S 와 같은 P).

수소 소결:

수소 순도 : 99.999 %, 유속 0.5-2 m³ / h.

장점: 미량 산화물을 줄이고 산소 함량을 <0.003%로 떨어뜨립니다.

참고: 탄화를 방지하기 위해 용광로의 탄소 함량을 <0.01%로 제어해야 합니다.

대기 모니터링: 질량 분석기를 사용하여 O₂, N₂ 및 CO 함량을 실시간으로 감지하여 < 10ppm 을 보장합니다.

설비:

진공 소결로:

발열체 : 몰리브덴 또는 텅스텐 와이어, 전력 100-500 kW.

용광로 : 몰리브덴 또는 텅스텐 라이닝, 크기 0.5-2m 직경.

온도 제어 정확도 : ±5 °C, 적외선 온도계가 장착되어 있습니다.

수소 소결로:

가스 정화 시스템(분자체 + 팔라듐 촉매)을 갖추고 있으며 수소 이슬점 <-70°C 를 갖추고 있습니다.

안전 시스템: 방폭 밸브 및 수소 누출 감지기.

품질 관리:

밀도 테스트: 아르키메데스 방법은 ±0.01g/cm³의 정확도로 소결 블랭크의 밀도를 측정하는 데 사용됩니다.

미세 구조 분석: 입자 크기(20-50µm) 및 기공 분포의 SEM 관찰.

비파괴 검사: X 선 검사는 내부 균열이나 이물질이 없음을 확인합니다.

5.2.2 단조 및 압연

단조 및 압연은 기공을 제거하고, 입자를 미세화하며, 고온 소성 변형을 통해 빌릿 밀도와 기계적 특성을 개선합니다.

5.2.2.1 열간 단조 및 냉간 단조

열간 단조:

온도 : 1200-1600 °C, 바람직하게는 1400 °C, 수소 (99.999 %) 또는 아르곤 분위기에서 수행.

프로세스:

장비 : 유압 단조 기계 (압력 1000-5000 톤) 또는 해머 단조 기계 (주파수 50-100 회 / 분).

변형 : 패스 당 10-20 %, 총 변형 30-50 %.

금형 : 몰리브덴 또는 고온 합금, MoS₂ (www.tungsten-disulfide.com) 윤활제로 코팅 된

Copyright and Legal Liability Statement

표면.

장점:

밀도는 이론적 밀도 >99.5%로 증가했습니다.

입자 크기는 <50 μm 로 정제되고 인장 강도는 >800MPa입니다.

열 충격 저항을 향상시키기 위해 질감(예: <110> 방향)을 유도합니다.

메모:

균열을 피하기 위해 단조 속도(<0.1m/s)를 제어하십시오.

지위

냉간 단조:

온도: 실온 또는 <400°C, 작은 도가니 또는 얇은 벽 부품을 정밀 단조하는 데 사용됩니다.

프로세스:

장비 : 고정밀 단조 기계 (압력 500-2000 톤).

변형: 패스당 <10%, <2%.

제한 사항: 몰리브덴은 실온에서 부서지기 쉬우며 균열을 방지하기 위해 제어된 변형률(<0.01 s⁻¹)이 필요합니다.

응용 분야: 벽 두께가 <2mm 이고 표면 거칠기가 Ra<0.8 μm 인 소형 도가니 생산.

품질 관리:

초음파 검사: 내부 균열이나 박리가 없는지 확인합니다.

경도 시험: 비커스 경도(HV) 200-300, 가공 강화 효과 확인.

5.2.2.2 압연 공정

프로세스 개요:

압연 공정은 소결 또는 단조된 빌릿을 몰리브덴 판 또는 호일로 용접하거나 도가니를 회전시키기 위해 용감하게 만듭니다.

장비 : 4 롤 또는 멀티 롤 밀, 롤 표면 재료는 세라믹 또는 텅스텐 합금, 내마모성 > 1000 시간입니다.

열간 압연 :

온도: 1000-1400°C, 바람직하게는 1200°C, 수소 또는 진공 환경에서.

프로세스 매개 변수 :

패스당 변형: 10-20%, 총 변형 >80%.

회전 속도: 0.5-1 m/s 의 롤러 표면 압력 100-500 MPa.

윤활제: 흑연 또는 MoS₂ 코팅, 마찰 계수 <0.1.

장점:

밀도는 이론값(>99.8%)에 가깝습니다.

<110> 질감, 인장 강도>900 MPa 형성.

Copyright and Legal Liability Statement

메모:

응력 완화를 위한 중간 어닐링(800-1000°C, 1-2 시간).
롤러 표면 온도(<200°C)를 제어하여 접촉을 방지합니다.

냉간 압연 :

온도: 실온 또는 <200°C, 얇은 폴리브덴 시트(두께 0.1-1mm)를 생산하는 데
사용됩니다.

프로세스 매개 변수 :

패스당 변형: 5-10%, 총 변형 <50%.

압연 속도: 1-2m/s, 표면 거칠기 Ra<0.8μm.

메모:

가공 경화를 제거하려면 다중 어닐링(600-800°C, 30 분)이 필요합니다.

표면 청소는 윤활유 잔여물을 제거합니다.

품질 관리:

표면 검사: 레이저 현미경으로 측정된 거칠기, Ra<0.5μm.

두께 측정 : 초음파 두께 게이지, 정확도 ±0.01 mm.

질감 분석: 전자 후방 산란 회절(EBSD)은 입자 방향을 확인합니다.

5.2.3 방적 및 스트레칭

방사 및 연신 성형은 소성 변형을 통해 얇은 벽 또는 복잡한 모양의 폴리브덴
도가니를 준비하는 데 사용되며, 이는 중소형 도가니의 대량 생산에 적합합니다.

5.2.3.1 스피닝 다이

프로세스 개요:

방사는 폴리브덴 플레이트를 회전시키고 국부 압력을 가하여 800-1200°C 의 온도에서
도가니를 형성하여 수행됩니다.

장비: CNC 방적기, 전력 50-200kW, 회전 속도 100-600rpm.

틀:

재질 : 고온 합금 (예 : 인코넬) 또는 세라믹 (SiC), 마모 수명 >1000 회.

디자인: 응력 집중을 피하기 위해 모서리 반경 > 2mm 입니다. 벽 두께 1-5mm, 치수
공차 ±0.1mm.

표면 처리: 마찰을 줄이기 위해 MoS₂ 또는 ZrO₂로 코팅합니다.

프로세스 매개 변수 :

이송 속도: 0.5-2mm/s, 바람직하게는 1mm/s.

압력: 10-50kN, 벽 두께에 따라 조정됩니다.

윤활제: 흑연 현탁액 또는 MoS₂ 코팅, 마찰 계수 <0.1.

가열 방법 : 유도 가열 또는 화염 가열, 온도 제어 정확도 ±10 °C.

장점:

벽 두께 균일성 ±0.1mm, 표면 거칠기 Ra<0.8μm.

Copyright and Legal Liability Statement

높은 생산 효율, 일체형 성형 시간 <10 분.

품질 관리:

레이저 거리 측정기: 벽 두께의 실시간 모니터링, 정확도 $\pm 0.05\text{mm}$.

표면 검사: 광학 현미경은 굽힘이나 균열이 없음을 확인합니다.

5.2.3.2 스트레칭 온도 및 윤활

스트레칭 과정:

몰리브덴 플레이트는 $600-1000^{\circ}\text{C}$, 바람직하게는 800°C 의 온도에서 다이를 통해 도가니 모양으로 연신됩니다.

장비 : 유압 스트레칭 기계, 압력 100-500 톤.

프로세스 매개 변수 :

인장 속도 : $0.1-0.5\text{ mm/s}$, 변형 $<30\%$.

금형 모서리 반경: $>3\text{mm}$, 응력 집중을 줄이기 위해.

금형 : 고온 합금 또는 세라믹, $Ra < 0.5\ \mu\text{m}$ 로 연마 된 표면.

윤활:

윤활제: 흑연 현탁액(농도 5-10%) 또는 MoS_2 분말, 코팅 두께 $10-50\ \mu\text{m}$.

적용 방법 : 스프레이 또는 브러시, 마찰 계수 <0.1 .

청소: 스트레칭 후 초음파 세척(40kHz)을 사용하여 윤활제를 제거하고 오염을 방지하십시오.

품질 관리:

벽 두께 측정 : 초음파 두께 게이지, 정확도 $\pm 0.01\text{ mm}$.

표면 검사: SEM 은 표면 결함을 분석하고 미세 균열이 없는지 확인합니다.

5.3 가공 및 마무리

가공 및 마감 공정은 터닝, 밀링, 용접, 표면 처리 및 열처리를 포함한 몰리브덴 도가니의 치수 정확도, 표면 품질 및 고온 성능을 보장합니다.

5.3.1 터닝 및 밀링

터닝 및 밀링은 몰리브덴 도가니의 내부 및 외부 표면을 처리하여 고정밀 및 높은 표면 품질 요구 사항을 충족하는 데 사용됩니다.

5.3.1.1 CNC 가공

프로세스 개요:

CNC 선반: 내부 및 외부 원통형 표면 가공용, 직경 $50-500\text{mm}$ 의 도가니에 적합합니다.

CNC 밀링 머신: 도가니 바닥 또는 플랜지와 같은 복잡한 형상을 가공하는 데 사용됩니다.

칼:

Copyright and Legal Liability Statement

초경합금 (WC-Co): 경도 >90 HRA, 거친 가공에 적합합니다.

다이아몬드 코팅 공구: 경도 >5000 HV, 정삭에 적합합니다.

절삭 조건:

거친 가공: 절삭 속도 20-30m/min, 이송 속도 0.1-0.2mm/r, 절삭 깊이 0.5-2mm.

마무리 : 절삭 속도 40-50 m / min, 이송 속도 0.05-0.1 mm / r, 절삭 깊이 0.1-0.5 mm.

냉각 및 윤활:

건식 절단: 액체 오염을 피하고 고순도 도가니에 적합합니다.

최소 윤활(MQL): 압축 공기 + 미량 오일 미스트(<0.1mL/분)를 사용하여 공구 마모를 줄입니다.

공구 수명: 초경 공구>100 분, 다이아몬드 공구>500 분.

설비:

5 축 CNC 선반 : 가공 정확도 ± 0.005 mm, 레이저 공구 설정 시스템 장착.

머시닝 센터: 통합 터닝 및 밀링 복합 기능으로 복잡한 형상의 도가니에 적합합니다.

품질 관리:

좌표 측정기 (CMM) : ± 0.002 mm 의 정확도로 치수 공차를 측정합니다.

레이저 스캐너: 진원도 및 동축도, 편차 <0.01mm 를 확인합니다.

5.3.1.2 정밀도 및 거칠기

정확도 요구 사항:

직경 허용 오차: 대형 도가니 ± 0.05 mm, 소형 도가니 ± 0.01 mm.

벽 두께 균일성: ± 0.1 mm, 균일한 열장 보장.

진원도: <0.02mm, 열 응력 집중을 방지합니다.

동축도: <0.01mm, 결정 성장 요구 사항 충족.

표면 거칠기:

내부 표면: $Ra < 0.8\mu m$, 용융 접착력 감소.

외부 표면: $Ra < 1.6\mu m$ 로 균열 위험이 줄어듭니다.

감지 방법:

표면 거칠기 시험기: 정확도 $\pm 0.01\mu m$.

레이저 현미경 : 3D 형태 분석, 배율 1000 배.

5.3.2 용접 기술

용접은 크거나 복잡한 모양의 물리브덴 도가니를 준비하는 데 사용되며 용접 강도, 밀봉 및 고온 성능이 보장되어야 합니다.

5.3.2.1 전자빔 용접

프로세스 개요:

전자빔 용접(EBW)은 고에너지 전자빔(에너지 10^5 J)을 사용하여 몰리브덴 시트를 녹이기 위해 진공도가 $<10^{-4} \text{ Pa}$ 인 진공 챔버에서 수행됩니다.

용접 매개 변수 :

전압 : 60-100 kV, 바람직하게는 80 kV.

전류: 50-200mA, 보드 두께에 따라 조정됩니다.

용접 속도: 0.5-2 m/min, 바람직하게는 1 m/min.

용접 이음새 깊이: 5-10mm, 벽 두께가 3-8mm 인 도가니에 적합합니다.

장점:

용접부는 순수하고 산소 오염이 없으며 산소 함량은 $<0.002\%$ 입니다.

열 영향 영역(HAZ)은 $<0.5\text{mm}$ 이고 입자 성장은 $<10\mu\text{m}$ 입니다.

용접 강도는 모재의 90-95%에 이릅니다.

프로세스 최적화:

표면 전처리: 산세(10% HNO_3 용액) + 초음파 세척(40kHz)으로 산화물 제거, 표면 거칠기 $Ra < 0.5\mu\text{m}$.

포지셔닝 정확도: 레이저 줄맞춤 체계, 편차 $<0.05 \text{ mm}$.

후처리: 응력 집중을 제거하기 위한 용접 연마($Ra < 0.8 \mu\text{m}$).

품질 관리:

X 선 결함 감지: 결함 크기가 0.1mm 미만인 기공과 균열을 감지합니다.

인장 시험: 용접 인장 강도 $>600 \text{ MPa}$.

헬륨 질량 분석기 누출 감지: 기밀성 확인, 누출률은 $<10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$.

5.3.2.2 레이저 용접 및 브레이징

레이저 용접:

장비: 파이버 레이저(전력 2-5kW) 또는 Nd:YAG 레이저(펄스 에너지 0.1-1J).

프로세스 매개 변수 :

펄스 폭 : 0.5-2 ms, 주파수 10-50 Hz.

용접 속도: 1-3m/min, 용접 폭 0.5-2mm.

차폐 가스 : 아르곤 (99.999 %), 유량 10-20 L / min.

장점:

고정밀, 벽 두께가 $2\text{mm} <$ 도가니에 적합합니다.

열 영향 영역이 $<0.3\text{mm}$ 로 곡물 성장을 줄입니다.

메모:

표면은 기름, 먼지 및 산화물을 제거하기 위해 $Ra < 0.5 \mu\text{m}$ 로 청소됩니다.

레이저 초점(편차 $<0.1\text{mm}$)을 제어하면 균일한 용접이 보장됩니다.

브레이징:

땀납: 은 근거한 땀납 (Ag-Cu, 용점 $780-850^\circ\text{C}$) 또는 몰리브덴 근거한 땀납 (Mo Ni 의

용점 1200°C).

프로세스 매개 변수 :

브레이징 온도: 800-1200°C, 유지 시간 5-10 분.

분위기 : 진공 (10^{-3} Pa) 또는 수소 (99.999 %).

장점: 복잡한 모양의 도가니에 적합, 접합 강도 >400 MPa.

참고 : 과도한 침투를 방지하기 위해 땀납을 고르게 도포해야 합니다(두께 0.1-0.3mm).

품질 관리:

초음파 테스트: 용접부에 다공성이 없거나 용합이 부족한지 확인합니다.

미세 경도 시험: 용접 경도 200-250 HV.

SEM 분석: 용접 미세 구조, 입자 크기 <math><20\mu\text{m}</math> 를 관찰합니다.

5.3.3 표면 처리

표면 처리는 폴리브덴 도가니의 내산화성, 내식성 및 표면 품질을 향상시키고 수명을 연장합니다.

5.3.3.1 청소 및 연마

청소:

초음파 세척 :

주파수: 40-80kHz, 전력 1-5kW.

세척액: 탈이온수 + 중성 세제(pH 6-8), 온도 50-70°C.

시간: 오염 정도에 따라 10-20 분.

소금물:

용액 : 10 % HNO₃ 또는 5 % HCl, 5-10 분 동안 담가둡니다.

후처리: 탈이온수 행굼 + 진공 건조(100°C, 10^{-2} Pa).

품질 관리:

표면 분석: X 선 광전자 분광법(XPS)을 통해 잔류 산화물이 없음을 확인했습니다.

청정도 테스트: 입자 계수기, 입자 <math><100\text{particles}/\text{cm}^2 (>0.5\mu\text{m})</math>.

연마:

기계적 연마 :

연마재: 알루미나(입자 크기 0.5-5 μm) 또는 다이아몬드 현탁액(입자 크기 0.1-1 μm).

장비 : 자동 연마 기계, 속도 500-1000 rpm, 압력 10-50 kPa.

표면 거칠기: Ra <math><0.5\mu\text{m}</math>, 바람직하게는 <math><0.3\mu\text{m}</math>.

전기화학적 연마:

전해질: 인산(50%) + 황산(30%) + 물, 온도 40-60°C.

전류 밀도: 0.5-2A/cm², 시간 5-15 분.

장점: 미세한 결함을 제거하고 내식성을 향상시킵니다.

Copyright and Legal Liability Statement

품질 관리:

표면 거칠기 테스트: Ra 측정, 정확도 $\pm 0.01\mu\text{m}$.

레이저 현미경: 표면 형태를 분석하고 흠집이 없는지 확인합니다.

5.3.3.2 항산화 코팅

코팅 유형:

몰리브덴 실리사이드 (MoSi_2):

두께: $50\text{-}200\mu\text{m}$, 접착 강도 $>50\text{MPa}$.

1700°C 에서 SiO_2 보호층이 형성되며 산화 방지 수명은 >1000 시간입니다.

지르코니아(ZrO_2):

두께: $100\text{-}300\mu\text{m}$, 열 반사율 $>80\%$.

내산화성과 열효율을 향상시켜 결정 성장에 적합합니다.

알루미나 (Al_2O_3):

두께: $50\text{-}150\mu\text{m}$, 우수한 내식성, 희토류 세련에 적합합니다.

코팅 공정:

화학 기상 증착 (CVD):

온도: $1000\text{-}1200^\circ\text{C}$, 분위기: $\text{SiCl}_4 + \text{H}_2$.

증착 속도: $0.5\text{-}2\mu\text{m/h}$, 코팅 균일성 $\pm 5\mu\text{m}$.

플라즈마 스프레이:

전력: $30\text{-}100\text{ kW}$, 스프레이 속도 $100\text{-}400\text{ m/s}$.

가스: $\text{Ar} + \text{H}_2$, 유량 $50\text{-}100\text{ L/min}$.

코팅 다공성: $<2\%$, 접착 강도 $>60\text{ MPa}$.

물리적 기상 증착 (PVD):

온도: $400\text{-}600^\circ\text{C}$, 진공도 $<10^{-3}\text{ Pa}$.

증착 속도: $0.1\text{-}0.5\mu\text{m/min}$, 얇은 코팅($<50\mu\text{m}$)에 적합합니다.

품질 관리:

코팅 두께: 초음파 두께 게이지, 정확도 $\pm 1\mu\text{m}$.

접착 강도: ASTM C633 표준에 따른 인장 시험.

미세 구조: 코팅 조성 및 계면의 SEM+EDS 분석.

5.3.4 열처리 및 어닐링

열처리 및 어닐링은 결정립 구조를 제어하고 가공 응력을 완화하며 고온 특성을 향상시키는 데 사용됩니다.

5.3.4.1 곡물 제어

프로세스 개요:

Copyright and Legal Liability Statement

온도: 1200-1600°C, 바람직하게는 1400°C.
절연 시간: 도가니의 크기에 따라 1-4 시간.
분위기 : 수소 (99.999 %) 또는 진공 (<math><10^3 \text{ Pa}</math>).
목표: 입자 크기 20-50 μm , 최적화된 강도 및 크리프 저항.

프로세스 최적화:
가열 속도: 5-10°C/min, 열 응력을 피하십시오.
냉각 속도: >50°C/min, 곡물 성장 억제.
도핑 : CeO₂ 또는 La₂O₃ 핀 입자 경계, 입자 크기 편차 <math><10 \mu\text{m}</math>.

품질 관리:
광학 현미경: $\pm 1 \mu\text{m}$ 의 정확도로 입자 크기를 측정합니다.
침대: 결 방향을 분석하고 $\langle 110 \rangle$ 텍스처 비율이 >60%인지 확인합니다.

5.3.4.2 스트레스 해소

프로세스 개요:
온도: 800-1000°C, 바람직하게는 900°C.
절연 시간: 벽 두께에 따라 2-6 시간.
분위기 : 진공 (<math><10^3 \text{ Pa}</math>) 또는 아르곤 (99.999 %).
목표: 잔류 응력 <math><50 \text{ MPa}</math>, 균열 위험 감소.

프로세스 최적화:
2 차 응력을 피하기 위해 500°C 까지 서서히 냉각(<math><5^\circ\text{C}/\text{min}</math>).
다단계 어닐링: 응력 분포를 최적화하기 위해 800°C(2 시간) + 600°C(1 시간).

품질 관리:
X 선 응력 분석기: $\pm 5 \text{ MPa}$ 의 정확도로 잔류 응력을 측정합니다.
초음파 테스트: 내부 균열이 없고 결함 크기가 <math><0.1 \text{ mm}</math>인지 확인합니다.

5.4 생산 설비 및 자동화

첨단 생산 장비 및 자동화 기술은 몰리브덴 도가니의 제조 효율성, 품질 일관성 및 생산 안전성을 향상시킵니다.

5.4.1 주요장비

5.4.1.1 진공 소결로

사양:
최대 온도: 2300°C, 온도 제어 정확도 $\pm 5^\circ\text{C}$.
진공도: <math><10^{-4} \text{ Pa}</math>, 분자 펌프 및 기계식 펌프 장착.
전력 : 100-500 kW, 용광로 크기 직경 0.5-2 m.
발열체: 몰리브덴 또는 텅스텐 철사, 수명 >5000 시간.

기능:

Copyright and Legal Liability Statement

다단계 온도 제어: 저온(<1200°C), 중온(1200-1600°C) 및 고온(1600-2200°C) 소결을 지원합니다.

대기 제어: 통합 질량 분석기, O₂ 함량 <10ppm.

데이터 로깅: 온도, 압력 및 가스 유량을 실시간으로 모니터링합니다.

도난 방지 시스템:

과열 보호: 자동 전원 끄기, 임계값 2350°C.

진공 누출 감지: 경보 임계값 >10⁻³ Pa.

5.4.1.2 방적기 및 선반

회전시키는 기계:

전력 : 50-200 kW, 회전 속도 100-600 rpm.

제어 시스템 : CNC, 가공 정확도 ±0.05 mm.

금형 : 고온 합금 또는 세라믹, 내마모성 수명 > 1000 회.

기능: 벽이 얇은 도가니(벽 두께 1-5mm)의 성형을 지원하며 성형 시간은 <10분입니다.

CNC 선반:

유형: 5 축선 연결, 가공 직경 0.1-1 m.

공구: 다이아몬드 코팅, 절삭 속도 30-60m/min.

정밀도 : 치수 공차 ±0.005 mm, 진원도 <0.01 mm.

기능: 내부 및 외부 표면 마무리, 표면 거칠기 Ra<0.5 μm 를 지원합니다.

5.4.1.3 표면 처리 장비

초음파 청소 기계:

주파수: 40-80kHz, 전력 1-5kW.

세척 탱크 : 다중 탱크 설계 (세척, 행균, 건조), 용량 50-200 L.

기능: 산화물, 오일 및 입자를 제거하고 청결도 <100particles/cm²를 제거합니다.

플라즈마 스프레이 장비:

전력 : 30-100 kW, 스프레이 속도 100-400 m/s.

가스 : Ar + H₂, 유량 50-100 L/min.

로봇 팔 : 6 축 연결, 코팅 두께 균일 성 ±5 μm.

기능: 접착 강도가 >60MPa 인 MoSi₂ 및 ZrO₂ 코팅을 생산합니다.

전기화학적 연마 장비:

전해질: 인산 + 황산, 전류 밀도 0.5-2 A/cm².

기능: 표면 마감(Ra<0.3μm) 및 내식성을 향상시킵니다.

5.4.2 자동화 및 인텔리전스

자동화 기술:

로봇 시스템:

적재 및 하역 로봇 : 50-200kg 의 하중으로 몰리브덴 분말 충전, 블랭크 처리 및 완제품 포장에 사용됩니다.

용접 로봇: 시각 인식 시스템, 용접 정확도 $\pm 0.05\text{mm}$ 장착.

CNC 시스템:

통합 CAD/CAM 소프트웨어는 처리 경로를 최적화하고 처리 시간을 10-15% 단축합니다.

G 코드 프로그래밍을 지원하고 복잡한 모양의 도가니와 호환됩니다.

온라인 모니터링:

적외선 온도계 : 모니터 소결 온도, 정확도 $\pm 2^\circ\text{C}$.

압력 센서: $\pm 0.1\text{MPa}$ 의 정확도로 등압 압착 압력을 감지합니다.

레이저 스캐너: $\pm 0.01\text{mm}$ 의 정확도로 도가니 치수를 실시간으로 측정합니다.

지적인:

인더스트리 4.0:

사물 인터넷(IoT): 장치가 연결되어 온도, 압력 및 생산 데이터를 실시간으로 업로드합니다.

빅 데이터 분석: 프로세스 매개변수를 최적화하고 스크랩 비율을 $< 1.5\%$ 로 줄입니다.

인공 지능(AI):

예측 유지 관리: 진동 및 온도 데이터를 기반으로 장비 고장을 예측하여 가동 중지 시간을 20% 줄입니다.

프로세스 최적화: AI 모델은 소결 온도와 압력을 조정하여 밀도를 0.5% 높였습니다.

디지털 트윈:

도가니 생산 공정을 가상으로 모델링하고 소결, 단조 및 기계 가공을 시뮬레이션합니다.

금형 설계를 최적화하고 $\pm 0.1\%$ 의 수축 예측 정확도를 달성합니다.

5.4.3 클린룸 요구 사항

클린룸은 폴리브덴 도가니 제조 공정이 무공해이며 고순도 응용 분야의 요구 사항을 충족하도록 합니다.

청결도 수준:

ISO 5(클래스 100): 입자 농도 $< 100\text{particles}/\text{m}^3$ (입자 크기 $\geq 0.5\mu\text{m}$).

ISO 7(10,000): 중요하지 않은 공정의 경우 입자 농도 $< 10,000\text{ particles}/\text{m}^3$.

환경 관리:

온도: $20-25^\circ\text{C}$, 변동 $\pm 1^\circ\text{C}$.

습도 : 40-60 %, 변동 $\pm 5\%$.

양압 : $> 10\text{ Pa}$, 외부 입자가 들어가는 것을 방지합니다.

장비 및 조치:

Copyright and Legal Liability Statement

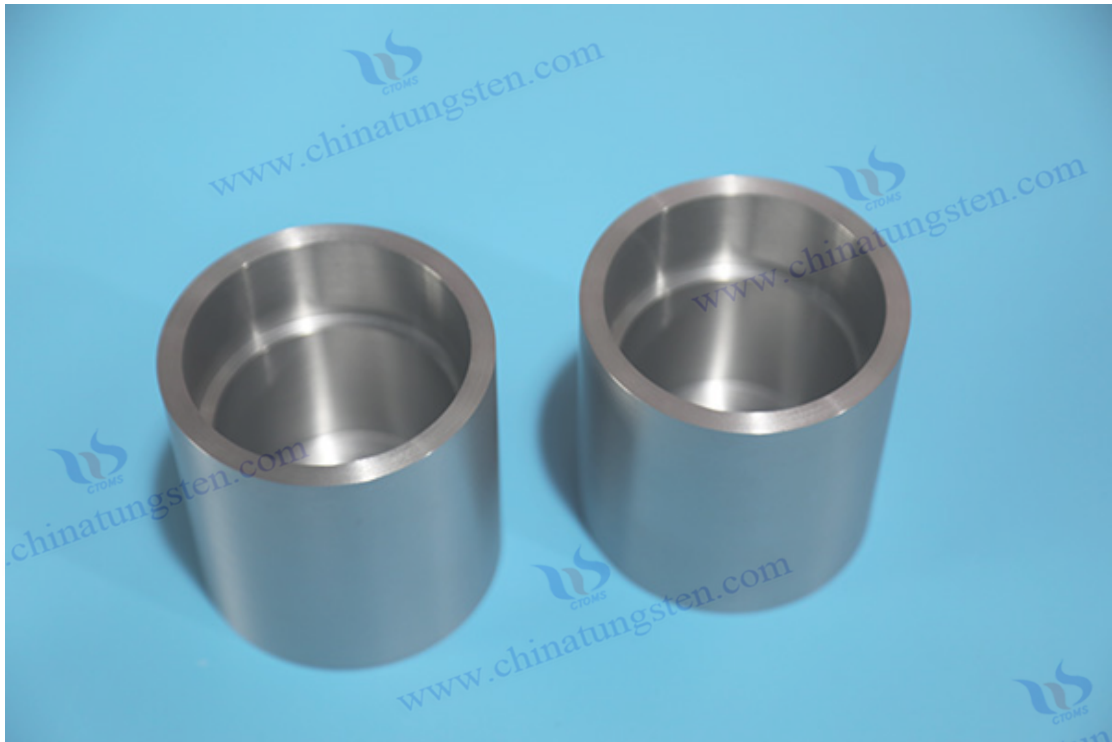
고효율 필터(HEPA): 여과 효율>99.97%, 교체 주기 6-12 개월.
에어 샤워 : 입구 풍속 >20m/s, 사람 표면의 입자를 제거합니다.
먼지가 없는 바닥: 에폭시 수지 코팅, 표면 저항 $10^6-10^9 \Omega$.

개인 보호:

클린룸 의류(폴리에스터), 마스크, 장갑 및 신발 커버를 착용하십시오.
교육: ISO 14644 클린룸 작동 사양.

감지 방법:

입자 계수기: 입자의 실시간 모니터링, 정확도 ± 10 입자/ m^3 .
미생물 샘플링 : 주간 테스트, 콜로니 수 <1 CFU/ m^3 .
표면 청결도: 접촉 입자 테스트, 입자 <50 particles/ cm^2 .



CTIA GROUP LTD 폴리브텐 도가니

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model

Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

Chapter 6 : 몰리브덴 도가니 품질 관리 및 검사

몰리브덴 도가니는 고온, 고부식 환경(예: 사파이어 결정 성장, 희토류 세련 및 반도체 제조)에서 안정적인 성능과 신뢰성을 보장하기 위한 핵심 링크입니다. 몰리브덴 도가니는 고순도, 고밀도, 우수한 기계적 특성 및 내식성의 요구 사항을 충족해야 합니다. 사소한 결함으로 인해 큰 고장이 발생할 수 있습니다. 이 장에서는 온라인 검사, 성능 테스트 및 고장 분석을 포함하여 몰리브덴 도가니의 품질 관리 및 검사 기술에 대해 자세히 설명하고 주요 글로벌 기업의 관행, 산업 표준 및 학술 연구를 참조하여 포괄적인 기술 세부 정보 및 방법론을 제공합니다.

6.1 온라인 감지

온라인 검사는 몰리브덴 도가니 제조 공정 중에 실시간으로 제품 품질을 모니터링하여 치수 정확도, 표면 품질 및 미세 구조 규정 준수를 보장합니다. 이러한 기술은 비접촉식 또는 신속한 검사 방법을 통해 생산 중단을 최소화하고 효율성을 개선합니다.

6.1.1 치수 및 정확도

몰리브덴 도가니는 고온 환경에서 열장 균일성과 기계적 안정성에 직접적인 영향을 미칩니다. 온라인 치수 감지는 도가니의 형상, 벽 두께 및 진원도가 설계 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.

감지 방법:

레이저 거리 측정 및 스캐닝:

고정밀 레이저 거리 측정기 또는 3D 레이저 스캐너를 사용하여 도가니의 외경, 내경, 벽 두께 및 높이를 실시간으로 측정합니다.

레이저 스캐닝 시스템은 포인트 클라우드 데이터에서 도가니의 3D 모델을 생성하고 진원도, 동축도 및 표면 평탄도를 감지합니다.

장점: 비접촉식, 빠른 측정, 대형 도가니(직경 > 300mm)에 적합합니다.

초음파 두께 측정 :

초음파 두께 측정기는 고주파 음파(5-10MHz)를 방출하여 도가니 벽 두께를 측정하며 특히 벽이 얇은 도가니(<5mm)에 적합합니다.

CNC 선반 또는 방적 기계의 온라인 통합은 벽 두께 데이터에 대한 실시간 피드백을 제공하고 가공 조정을 안내합니다.

장점: 높은 정밀도, 복잡한 형상에 적합합니다.

좌표 측정기 (CMM):

온라인 CMM은 접촉식 프로브를 사용하여 도가니의 임계 치수(예: 플랜지 직경, 바닥 반경)를 측정합니다.

자동 공구 교환 시스템을 갖추고 대량 생산에 적합한 다점 측정을 지원합니다.

장점: 높은 반복성, 고정밀 도가니에 적합(공차 < 0.01mm).

Copyright and Legal Liability Statement

감지 매개변수:

직경 공차: 대형 샘플팬에는 마이크론 공차가 필요합니다. 작은 샘플팬에는 마이크론 미만의 허용 오차가 필요합니다.

벽 두께 균일성: 편차는 균일한 열장을 보장하기 위해 매우 작은 범위 내에서 제어되어야 합니다.

진원도 및 동축도: 진원도 편차는 매우 낮아야 하며 동축도는 결정 성장 장비의 엄격한 요구 사항을 충족해야 합니다.

높이 및 평탄도: 높이 허용 오차는 마이크론 수준이며 바닥 평탄도는 열 응력 집중을 피해야 합니다.

프로세스 통합:

온라인 감지 시스템은 산업용 사물 인터넷(IoT)을 통해 CNC 가공 장비에 연결되며 치수 데이터는 실시간으로 중앙 제어 시스템에 업로드됩니다.

피드백 메커니즘: 치수 편차가 감지되면 시스템이 자동으로 처리 매개변수(예: 절삭 깊이, 회전 압력)를 조정합니다.

치수 추세를 모니터링하고 통계적 공정 제어(SPC)를 통해 잠재적 결함을 예측합니다.

품질 기준:

ASTM B386 (몰리브덴 및 몰리브덴 합금 표준) 및 GB / T 3462 (중국 몰리브덴 재료 표준)를 준수합니다.

ISO 9001 품질 경영 시스템은 온라인 테스트 장비를 <1%의 정확도 편차로 정기적으로 교정할 것을 요구합니다.

실용적인 응용 프로그램:

사파이어 결정 성장에서 몰리브덴 도가니의 치수 정확도는 결정 품질에 직접적인 영향을 미칩니다. HC Starck Solutions 의 온라인 레이저 스캐닝 시스템은 Crucible 직경 허용 오차가 매우 작도록 보장하여 Czochralski 방법의 요구 사항을 충족합니다.

6.1.2 표면 결함

표면 결함(예: 긁힘, 균열, 산화물 층)은 고온에서 균열 전파의 시작점이 되거나 용융 오염을 유발할 수 있습니다. 온라인 표면 검사는 도가니의 표면 마감과 무결성을 보장합니다.

감지 방법:

광학 현미경 및 이미지 분석:

CCD 카메라가 장착된 고해상도 광학 현미경(배율 50-1000x)은 도가니 표면의 이미지를 실시간으로 캡처합니다.

이미지 처리 소프트웨어는 가장자리 감지 및 그레이스케일 분석을 통해 긁힘, 구덩이 및 미세 균열을 식별합니다.

장점: 내부 표면 감지에 적합한 고감도.

레이저 산란 감지:

Copyright and Legal Liability Statement

레이저 빔(파장 532nm)은 도가니 표면을 조사하고 산란된 광 신호는 표면 결함(예: 거칠기 및 균열)을 반사합니다.

광전자 증배관(PMT)이 장착되어 산란광을 수집하고 결함 분포 맵을 생성합니다.

장점: 비접촉식, 대형 도가니(>500mm)의 빠른 스캔에 적합합니다.

와전류 탐상검사:

도가니 표면은 와전류 프로브(주파수 1-10MHz)로 스캔하여 표면 근처의 균열 및 개재물을 감지합니다.

미세 균열 및 기공을 식별하기 위해 용접 영역에서 도가니를 용접하는 데 적합합니다.

장점: 고감도, 금속의 내부 결함에 적합합니다.

감지 매개변수:

표면 거칠기: 내부 표면은 거칠기가 매우 낮아야 하고($Ra < 0.8\mu m$) 외부 표면은 약간 느슨해야 합니다($Ra < 1.6\mu m$).

균열 및 굽힘: 균열의 길이는 마이크로 수준 이하로 제어되어야 하며 굽힘의 깊이는 매우 얇아야 합니다.

산화물 층 및 오염: 표면에 산화물 잔류 물이 없어야 하며 입자 오염이 매우 낮아야 합니다 (< 100 입자 / cm^2 , 입자 크기 $> 0.5\mu m$).

프로세스 통합:

온라인 표면 검사 시스템은 연마, 세척 및 코팅 장비와 연결되어 결함 데이터에 대한 실시간 피드백을 제공합니다.

자동 분류: 부적격 샘플은 로봇 팔에 의해 재작업 영역으로 보내지고 적절한 샘플은 다음 공정에 들어갑니다.

데이터 추적성: 각 Crucible 의 표면 검사 데이터는 품질 추적성을 지원하기 위해 클라우드에 저장됩니다.

품질 기준:

ISO 4287(표면 거칠기 표준) 및 ASTM E407(금속 표면 테스트 표준)을 준수합니다.

반도체 산업은 SEMI 표준(예: SEMI F21)을 준수하기 위해 표면 청정도를 요구합니다.

실용적인 응용 프로그램:

반도체 실리콘 단결정의 생산에서 폴리브덴 도가니의 표면 결함은 실리콘 용융물을 오염시킬 수 있습니다. Chinatungsten Online 의 온라인 레이저 산란 시스템은 고순도 요구 사항을 충족하기 위해 내부 표면에 미세 균열이 없도록 합니다.

6.2 성능 테스트

성능 테스트는 실제 사용 조건에서 폴리브덴 도가니의 고온 강도, 내식성 및 장기 안정성을 평가하여 특정 응용 분야(예: 1700-2050°C 의 고온 환경)의 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

6.2.1 고온 강도

고온 강도는 고온 환경(예: 사파이어 결정 성장, 희토류 제련)에서 구조적 무결성 및 변형 방지 능력을 유지하기 위한 몰리브덴 도가니의 핵심 성능입니다.

시험 방법:

고온 인장 시험:

그것은 1400-1800 °C 의 온도 범위에서 진공 또는 불활성 분위기 (아르곤 또는 수소) 용광로에서 수행됩니다.

인장 강도, 항복 강도 및 연신율을 측정하려면 몰리브덴 또는 텅스텐 그림이 장착된 고온 인장 기계를 사용하여 일정한 응력을 가합니다.

시험 기준: ASTM E21 (고열 장력 시험 명세).

장점: 실제 고온 응력 환경을 시뮬레이션하고 도가니의 기계적 특성을 평가합니다.

고온 크리프 시험:

1700-2000°C 에서 일정한 응력(50-200MPa)을 가하고 크리프 속도와 변형을 측정했습니다.

장비: 레이저 변위 센서(정확도 $\pm 0.001\text{mm}$)가 장착된 고온 크리프 시험기.

시험 기준: ASTM E139 (포복 시험 명세).

장점: 장기간 고온 작동 중 도가니의 안정성을 평가합니다.

경도 시험:

실온 및 고온(1000-1500°C)에서 도가니의 경도는 고온 비커스 경도 시험기(하중 1-10kg)를 사용하여 측정했습니다.

시험 기준: ASTM E92 (Vickers 경도 시험 명세).

장점: 재료 강화 효과의 신속한 평가(예: 도핑 또는 열처리).

테스트 매개 변수 :

인장 강도: 고온(1700°C 에서 $>100\text{MPa}$)에서 충분한 강도를 유지해야 하며 도핑된 도가니는 강도가 더 높습니다.

크리프 속도: 장기간 작동 중에 심각한 변형이 발생하지 않도록 매우 낮아야 합니다.

경도: 고온 경도는 재료의 내마모성을 반영하여 높은 수준($>150\text{HV}$)으로 유지되어야 합니다.

프로세스 피드백:

테스트 결과는 원료 선택(예: 도핑 요소) 및 공정 최적화(예: 열처리 온도)를 안내합니다.

강도가 부족하면 소결 온도, 단조 변형 또는 도핑 비율을 조정할 수 있습니다.

데이터는 성능 추적성을 지원하기 위해 품질 관리 시스템에 저장됩니다.

품질 기준:

ISO 6892-2(고온 금속 인장 시험) 및 ASTM E139(크리프 시험)를 준수합니다.

사파이어 결정 성장 산업에서는 2050°C 에서 도가니가 변형되지 않아야 하며, 희토류

Copyright and Legal Liability Statement

제련은 1700°C 에서 장기적인 안정성이 필요합니다.

실용적인 응용 프로그램:

사파이어 결정이 성장하는 동안 폴리브덴 도가니는 2050°C 의 고온과 기계적 응력을 견뎌야 합니다. China Tungsten Online 의 고온 인장 시험은 극한 조건에서 도가니에 균열이 없음을 보장합니다.

6.2.2 내식성

내식성은 용융 금속(예: 희토류 금속), 산화물 또는 고온 대기, 특히 희토류 제련 및 귀금속 정제에서 폴리브덴 도가니의 내구성을 결정합니다.

시험 방법:

정적 부식 시험:

폴리브덴 도가니 샘플을 1400-1800°C 의 온도에서 용융 매체(예: 용융 네오디뮴, 알루미늄)에 담그고 몇 시간에서 며칠 동안 따뜻하게 유지합니다.

벽 두께 손실, 표면 침식 깊이 및 질량 손실을 측정합니다.

시험 기준: ASTM G31 (부식 시험 명세).

장점: 실제 사용 환경을 시뮬레이션하고 도가니의 내식성을 평가합니다.

동적 부식 테스트:

도가니와 용융물 사이의 동적 접촉(예: 교반 또는 유동)은 1500-1700°C 의 온도에서 고온 용광로에서 시뮬레이션됩니다.

샘플과 용융 사이의 상대 운동은 부식 속도를 측정하기 위해 회전 침지 장치를 사용하여 제어됩니다.

장점: 희토류 제련의 실제 작업 조건에 더 가깝습니다.

전기화학적 부식 시험:

고온 용융염 또는 산성 용액에서 도가니의 전기화학적 거동(예: 부식 가능성, 분극 저항성)을 측정합니다.

장비 : 고온 전기 화학 워크 스테이션, 온도 800-1200 °C.

장점: 부식 메커니즘의 정량화, 도가니 코팅에 적합합니다.

테스트 매개 변수 :

벽 두께 손실: 도가니의 수명을 보장하기 위해 매우 낮아야 합니다(마이크로미터 수준/100 시간).

표면 침식: 표면은 명백한 구멍이나 벗겨짐 없이 매끄럽게 유지되어야 합니다.

질량 손실: 도가니의 화학적 안정성을 반영하여 매우 작아야 합니다.

코팅 성능: 부식 방지 코팅(예: MoSi₂)은 벗겨지지 않아야 하며 접착 강도가 높아야 합니다.

프로세스 피드백:

부식 테스트 결과는 도핑 원소(예: CeO₂, La₂O₃) 선택 및 코팅 공정 최적화를

Copyright and Legal Liability Statement

안녕합니다.

부식 속도가 너무 높으면 코팅 두께를 높이거나 소결 공정을 조정하여 도가니 밀도를 높일 수 있습니다.

이 데이터는 다양한 환경에서 도가니의 수명을 예측하기 위한 부식 데이터베이스를 구축하는 데 사용됩니다.

품질 기준:

ASTM G31(부식 테스트) 및 ISO 11846(고온 부식 테스트)을 준수합니다.

희토류 세련은 도가니가 1700°C 의 용융 네오디뮴에서 >1000 시간의 수명을 가져야 하며 반도체 산업에는 오염이 필요하지 않습니다.

실용적인 응용 프로그램:

NdFeB 자석을 생산할 때 폴리브덴 도가니는 용융 네오디뮴의 부식에 저항해야 합니다. Chinatungsten Online 의 정전기 부식 테스트는 도핑 된 도가니의 내식성을 보장하고 서비스 수명을 연장합니다.

6.3 고장 분석

고장 분석은 폴리브덴 도가니의 균열, 변형, 피로 및 수명 감소를 연구하여 고장 원인을 식별하고 제조 공정 및 사용 조건을 최적화합니다.

6.3.1 균열 및 변형

균열 및 변형은 고온 또는 열 주기에서 폴리브덴 도가니의 일반적인 고장 모드이며, 이는 열 응력, 기계적 응력 또는 재료 결함으로 인해 발생할 수 있습니다.

분석 방법:

거시적 관찰:

균열 위치, 길이 및 형태(표면 균열 또는 관통 균열)는 고해상도 카메라 또는 실체 현미경을 사용하여 기록됩니다.

변형 측정(예: 도가니 직경 변화, 벽 두께 얇아짐)은 레이저 스캐너를 사용하여 수행됩니다.

현미경 분석:

주사 전자 현미경 (SEM)을 사용하여 1000-10,000 배의 배율로 균열 형태 (입계 파괴 또는 연성 파괴)를 관찰했습니다.

에너지 분산 분광법(EDS)은 균열 영역의 화학적 조성을 감지하여 취성이 불순물(예: O, C)로 인한 것인지 확인합니다.

유한 요소 해석(FEA):

고온에서 응력 분포와 변형 거동을 시뮬레이션하기 위해 도가니의 열-기계 결합 모델이 설정되었습니다.

입력 매개변수: 폴리브덴의 열팽창 계수($4.8 \times 10^{-6} / K$), 열전도율($138 W / (m \cdot K)$) 및 인장 강도.

Copyright and Legal Liability Statement

장점: 균열 시작 지점을 예측하고 도가니 설계를 최적화합니다.

실패 이유:

열 응력: 급격한 온도 상승 및 하강(예: $>10^{\circ}\text{C}/\text{min}$)은 열 응력 집중을 유발하고 균열을 유발합니다.

기계적 응력: 적재 또는 하역 중 충격력이 도가니의 강도를 초과합니다.

재료 결함: 소결 기공, 입계 불순물 또는 용접 기공은 도가니의 인성을 감소시킵니다.

공정 문제: 고르지 않은 벽 두께 또는 부적절한 열처리로 인한 응력 집중.

개선 조치:

열 순환 최적화: 가열 및 냉각 속도($<5^{\circ}\text{C}/\text{min}$)를 제어하여 열 응력을 줄입니다.

재료 품질 향상: 고순도 폴리브덴 분말($>99.95\%$)과 도핑 원소(예: CeO_2)를 사용하여 입자를 정제합니다.

향상된 가공: 벽 두께(편차 $< 0.1\text{mm}$)와 표면 거칠기($R_a < 0.8\mu\text{m}$)의 균일성을 보장합니다.

실용적인 응용 프로그램:

사파이어 결정 성장 동안 폴리브덴 도가니의 균열은 용융 누출로 이어질 수 있습니다.

6.3.2 피로와 수명

피로 파괴 및 수명 감쇠는 반복적인 열 주기 또는 장기간 고온 작동에서 폴리브덴 도가니의 주요 문제이며 재활용 용량과 경제성에 영향을 미칩니다.

분석 방법:

열 사이클 테스트:

실제 사용 조건(예: $1500\text{-}1700^{\circ}\text{C}$, $100\text{-}500$ 열 주기)을 시뮬레이션하여 피로 균열의 형성 및 성장을 관찰합니다.

장비: 변형을 기록하기 위해 레이저 변위 센서가 장착된 고온 열 사이클로.

시험 규격: ISO 1893 년(내화물에 대한 열충격 시험).

피로 파괴 해석:

파괴 형태는 피로 균열(부드러운 줄무늬)과 일시적인 파괴 영역(딤플)을 구별하기 위해 SEM 을 사용하여 관찰되었습니다.

균열 전파 경로에 대한 전자 후방 산란 회절(EBSD) 분석을 통해 입자 배향이 피로에 미치는 영향을 확인했습니다.

수명 예측 모델:

Crucible 의 수명은 열 주기 및 크리프 데이터와 결합된 Miner 의 누적 손상 이론을 기반으로 예측됩니다.

입력 매개 변수 : 열 사이클 수, 온도 구배, 응력 수준.

장점: Crucible 유지보수 및 교체 주기를 안내합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

실패 이유:

열 피로: 반복적인 열 주기는 미세 균열의 성장으로 이어지며, 이는 결국 거대 균열을 형성합니다.

크리프: 장기간의 고온 응력은 느린 변형을 일으켜 도가니의 강도를 감소시킵니다.

표면 열화: 산화 또는 부식은 피로 균열을 가속화하는 표면 결함을 유발합니다.

설계 결함: 고르지 않은 벽 두께 또는 날카로운 기하학적 모서리로 인해 응력 집중이 발생합니다.

개선 조치:

향상된 재료 특성: 산화물(예: La_2O_3)을 사용한 도핑은 인성과 피로 저항성을 향상시킵니다.

설계 최적화: 모서리 반경($>2\text{mm}$)을 늘려 응력 집중을 줄입니다.

표면 보호: 피로 수명을 연장하기 위해 산화 방지 코팅(예: MoSi_2)을 적용합니다.

공정 개선: 입자 크기($<50\mu\text{m}$) 및 열처리 매개변수를 제어하여 크리프 속도를 줄입니다.



CTIA GROUP LTD 몰리브덴 도가니

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model

Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

Chapter 8 폴리브덴 도가니의 운송 및 보관

고가, 고온 내성 산업 부품으로서 폴리브덴 도가니의 운송 및 보관은 물리적 무결성과 화학적 안정성을 유지하는 데 매우 중요합니다. 부적절한 포장, 운송 또는 보관은 표면 긁힘, 산화, 오염 또는 변형을 유발할 수 있으므로 결정 성장, 희토류 제련 및 반도체 제조와 같은 고급 응용 분야의 성능에 영향을 미칠 수 있습니다. 이 장에서는 포장 요구 사항, 충격 및 방습 조치, 보관 환경 및 조건, 재고 관리 및 품질 추적을 포함하여 폴리브덴 도가니의 운송 및 보관 사양에 대해 자세히 설명하고 글로벌 산업 표준 및 모범 사례를 참조하여 포괄적인 기술 지침을 제공합니다.

8.1 포장 요구 사항

폴리브덴 도가니는 운송 및 보관 중 기계적 손상, 화학적 오염 및 환경 영향으로부터 보호되어야 하며 취급 및 식별이 용이해야 합니다.

포장 재료:

안 패킹:

고순도 폴리에틸렌(PE) 또는 폴리프로필렌(PP) 필름을 사용하여 도가니를 감싸면 표면이 공기나 입자와 접촉하는 것을 방지하고 깨끗하게 유지할 수 있습니다. 고밀도 폼 또는 버블 필름으로 안감을 덧대어 쿠션 보호 기능을 제공하고 진동과 충격의 영향을 줄입니다.

특히 장기간 보관을 위해 산화 및 수분 흡수를 방지하기 위해 진공 밀봉 백을 사용하여 내부 공기를 제거하는 것이 좋습니다.

외부 포장:

적층 및 운송 압력을 견딜 수 있을 만큼 충분히 강한 견목 상자(ISPM 15 국제 식물 위생 표준 준수) 또는 알루미늄 합금 상자를 사용하십시오.

나무 상자의 내부는 충격을 흡수하는 재료(예: 폴리우레탄 폼 또는 진주 먼)로 채워져 있어 도가니가 흔들리지 않고 고정됩니다.

외부 포장의 표면에는 방수 페인트가 뿌려지거나 방습 필름으로 덮여 습기가 침투하는 것을 방지합니다.

보충 자료:

세라믹 또는 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE) 개스킷을 사용하여 금속 접촉으로 인한 긁힘을 방지하기 위해 포장재에서 도가니를 분리합니다.

건조제(예: 실리카겔 또는 분자체)가 장착되어 있으며 부식을 방지하기 위해 습도를 제어하기 위해 내부 포장에 넣습니다.

면지가 없는 라벨과 밀봉 테이프를 사용하여 포장 공정 중 추가 오염이 발생하지 않도록 하십시오.

포장 디자인:

크기 일치: 포장 상자의 크기는 도가니의 사양에 따라 맞춤화되며 내부 공간은 도가니의 모양에 단단히 맞아 고정되고 움직임 공간이 없도록 합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

하중 지지 능력: 포장 상자 설계는 다층 적재를 지원해야 하며 장거리 운송 및 창고 보관 요구 사항에 적합해야 합니다.

로고 및 라벨:

외부 포장에는 "깨지기 쉬운", "방습", "조심스럽게 다루십시오"와 같은 경고 표시가 표시되어 있습니다. 글꼴은 명확하고 눈에 잘 띄며 ISO 780(포장 표시 표준)을 준수합니다.

방수, 내마모성 라벨(예: PVC 또는 PET)을 사용하여 Crucible 모델, 크기, 배치 번호, 생산 날짜, 순중량 및 공급업체 정보가 포함된 제품 라벨과 함께 제공됩니다.

포장 목록과 품질 인증서를 제공하고 투명 비닐 봉지에 밀봉하여 포장 상자 외부에 붙입니다.

추적성: 포장 상자에는 QR 코드가 인쇄되어 있거나 RFID 태그가 함께 제공되며, 이는 도가니의 생산 및 품질 데이터에 연결되고 디지털 추적을 지원합니다.

포장 과정:

청소: 포장하기 전에 고순도 에탄올에 적신 먼지가 없는 천으로 도가니를 닦아 입자, 기름 얼룩 또는 지문이 없고 표면 청결도가 반도체 산업의 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.

포장: 내부 포장은 먼지가 없는 장갑과 비금속 도구를 사용하여 클린룸에서 이루어집니다.

고정: 도가니는 충격 흡수 재료로 채워진 맞춤형 폼 몰드에 넣고 틈이 없는지 확인합니다. 외부 포장 상자는 스테인리스 스틸 볼트 또는 고강도 테이프로 밀봉되어 있습니다.

검사: 헐거움이나 손상이 없는지 확인하기 위해 포장 후 육안 검사. 도가니의 안전성을 보장하기 위해 운송 조건을 시뮬레이션하는 데 필요한 경우 진동 테스트.

품질 기준:

포장은 ISO 3394(운송 포장 치수) 및 ASTM D4169(운송 포장 성능 테스트)를 준수해야 합니다.

반도체 산업은 휘발성 유기 화합물(VOC)이 없는 패키징 재료와 SEMI E170(클린 패키징 표준)을 준수해야 합니다.

포장 공정은 일관성과 신뢰성을 보장하기 위해 ISO 9001 품질 관리 시스템에 따라 수행되어야 합니다.

실용적인 응용 프로그램:

사파이어 결정 성장 산업에서 몰리브덴 도가니의 진공 밀봉 포장은 운송 중 산화를 방지하고 표면에 오염이 없음을 보장합니다.

희토류 채련에서 단단한 나무 상자와 폼 라이너는 대형 도가니를 보호하고 운송 중 변형 위험을 줄입니다.

8.2 충격 및 습기 저항

방진 및 방습 조치는 몰리브덴 도가니의 운송 및 보관을 위한 핵심 요구 사항으로,

Copyright and Legal Liability Statement

기계적 손상 및 화학적 열화를 방지하고 도가니의 성능에 영향을 미치지 않도록 하는 것을 목표로 합니다.

충격 방지 조치:

완충재:

고밀도 폴리우레탄 폼 또는 진주면을 사용하여 포장 상자 내부를 채워 운송 중 진동과 충격을 흡수할 수 있는 충분한 충격 흡수 용량을 제공합니다.

소형 도가니의 경우 에어 쿠션 필름을 사용하여 경량 포장에 적합한 추가 보호 기능을 제공할 수 있습니다.

대형 Crucible 은 꼭 맞고 움직임을 방지하기 위해 Crucible 의 모양과 정확히 일치하는 맞춤형 폼 몰드가 필요합니다.

수송용 포장 상자 디자인:

외부 포장 상자는 다층 합판 또는 알루미늄 합금으로 만들어지며 내충격성이 높고 장거리 운송에 적합합니다.

충격 흡수 스프링 또는 고무 패드가 내부에 설치되어 진동 전달을 줄이고 도가니를 외부 충격으로부터 보호합니다.

포장 상자의 바닥에는 마찰을 증가시키고 운송 중 미끄러짐을 방지하기 위해 미끄럼 방지 패드가 장착되어 있습니다.

운송 보호:

운송 차량에는 에어백 서스펜션 또는 유압 충격 흡수 시스템이 장착되어 도로 진동이 도가니에 미치는 영향을 줄입니다.

도가니 포장 상자는 표준 운송 팔레트에 고정되며 안정성을 보장하기 위해 고강도 나일론 또는 강철 스트랩으로 보강됩니다.

운송 중 급가속, 급제동 또는 심한 충격을 피하십시오. 깨지기 쉬운 상품의 운송 규정에 정통한 전문 물류 회사를 이용하는 것이 좋습니다.

방습 조치:

밀봉된 포장:

내부 포장은 진공 밀봉 백 또는 높은 차단 필름(예: 알루미늄-플라스틱 복합 필름)을 사용하여 습기가 들어가는 것을 방지하고 도가니 표면을 건조하게 유지합니다.

외부 포장 상자 내부는 방습제로 코팅되거나 방습 필름으로 덮여 방수 성능을 향상시킵니다.

건조제:

내부 포장에 실리카겔 또는 분자체 건조제를 넣어 잔류 수분을 흡수하고 상대 습도를 매우 낮게 유지합니다.

건조제는 특히 장기간 보관하거나 습도가 높은 지역에서 정기적으로 점검하고 교체해야 합니다.

운송 환경:

Copyright and Legal Liability Statement

운송 차량에는 비나 습도가 높은 환경을 피하기 위해 방습 시설(예: 밀폐된 화물창 또는 제습 장비)이 장착되어 있습니다.

온도 제어 운송(온도 20-25°C, 습도 <40%), 특히 지역 간 또는 해상 운송 중에는 권장됩니다.

검사 및 모니터링:

포장 후 습도 표시 카드(정확도 $\pm 5\%$)를 사용하여 내부 포장의 습도를 확인하여 수분이 침투하지 않았는지 확인하십시오.

운송 중에는 온도 및 습도 기록계를 설치하여 환경 조건을 실시간으로 모니터링하고 이상이 발생하면 경보를 울립니다.

품질 기준:

진동 방지 조치는 ASTM D4169 진동 및 충격 테스트를 통과하여 운송 중에 도가니가 손상되지 않도록 해야 합니다.

방습 성능은 ISO 2233(패키지 방습 테스트)을 준수하며 포장 상자는 습도가 높은 환경에서도 건조한 상태를 유지합니다.

운송 프로세스는 안전을 보장하기 위해 IATA(International Air Transport Association) 또는 IMDG(International Maritime Dangerous Goods) 표준을 준수해야 합니다.

실용적인 응용 프로그램:

반도체 산업에서 폴리브덴 도가니의 충격 방지 포장은 운송 중 미세 균열이 없음을 보장하고 고정밀 요구 사항을 유지합니다.

귀금속의 정제 시 방습 포장은 도가니 표면의 산화를 방지하고 사용 전 청결을 보장합니다.

8.3 보관 환경 및 조건

폴리브덴 도가니는 산화, 오염 또는 성능 저하를 방지하기 위해 온도, 습도, 청결도 및 화학적 안정성을 엄격하게 제어해야 합니다.

온도와 습도:

온도 제어:

보관 환경은 열 응력이나 결로를 유발할 수 있는 온도 변동을 피하기 위해 일정한 온도(20-25°C)를 유지해야 합니다.

에어컨 또는 온도 조절 장비를 사용하여 매우 작은 범위 내에서 온도 편차를 제어하십시오.

습도 조절:

상대 습도는 폴리브덴 도가니의 표면이 수분 또는 산화를 흡수하는 것을 방지하기 위해 <40%, 바람직하게는 <20%로 유지됩니다.

산업용 제습기 또는 건조 캐비닛이 장착되어 습도 모니터링 정확도는 $\pm 2\%$ 입니다.

습도가 높은 곳에서는 내부에 건조제가 들어 있는 밀폐된 보관 상자를 사용하는 것이 좋습니다.

Copyright and Legal Liability Statement

모니터:

온도 및 습도 레코더를 설치하여 환경 데이터를 실시간으로 기록하고 이상이 발생하면 경보를 트리거합니다.

보관 장소를 정기적으로 점검하여 누수나 결로 현상이 없는지 확인하십시오.

청결:

환경 요구 사항:

보관 영역은 먼지가 도가니 표면을 오염시키는 것을 방지하기 위해 극도로 낮은 입자 농도로 ISO 7 이상의 청정도 수준에 도달해야 합니다.

바닥은 에폭시 수지로 코팅되어 있어 표면 저항이 적절하고 입자의 정전기 흡착을 줄입니다.

보호 조치:

도가니는 밀봉된 포장 상자 또는 먼지가 없는 캐비닛에 보관해야 하며 먼지 덮개 또는 보호 덮개가 장착되어 있어야 합니다.

보관 장소에 들어갈 때는 먼지가 없는 옷, 마스크, 장갑을 착용해야 하며 ISO 14644 클린룸 운영 사양을 준수해야 합니다.

청소 및 유지 보수:

먼지가 없는 진공 청소기를 사용하여 보관 공간을 정기적으로 청소하거나 광고 amp 천으로 바닥과 선반에서 입자를 제거하십시오.

가스 오염을 방지하기 위해 보관 장소에서 휘발성 화학 물질을 사용하지 마십시오.

화학적 안정성:

부식성 가스를 피하십시오.

보관 환경은 산성 가스(예: HCl, SO₂) 또는 산화 가스(예: O₃)가 없어야 하며 산소 함량은 매우 낮은 수준으로 제어되어야 합니다.

공기 청정기 또는 활성탄 필터를 사용하여 잠재적인 오염 물질을 제거하십시오.

재료 절연:

도가니는 금속 선반 또는 도구와 분리되어 있습니다. 접촉 부식을 방지하기 위해 세라믹 또는 플라스틱 트레이를 사용하는 것이 좋습니다.

교차 오염을 방지하기 위해 도가니를 다른 화학 활성 물질(예: 산 및 알칼리)과 함께 보관하는 것은 금지되어 있습니다.

스토리지 레이아웃:

선반 디자인:

먼지가 없는 스테인리스 스틸 또는 표면이 평평하고 내식성이 있는 플라스틱 선반을 사용하십시오.

선반은 적당한 높이(<2m)로 적재 및 하역이 용이하며 기울어짐 방지 장치가 장착되어 있습니다.

Copyright and Legal Liability Statement

겹쳐 쌓이는 명세:

포장 상자는 강한 압력으로 인한 변형을 방지하기 위해 단일 층으로 쌓아야 하며 적재 높이는 포장 상자의 하중 지지 용량을 초과해서는 안 됩니다. 환기 및 검사를 용이하게 하기 위해 각 상자 사이에 충분한 공간(>10cm)이 있어야 합니다.

ID 관리:

보관 영역은 배치 및 모델별로 섹션으로 나뉘며 도가니 사양과 보관 날짜가 표시되어 있습니다.

바코드 또는 RFID 태그를 사용하여 도가니 정보를 빠르게 식별할 수 있습니다.

품질 기준:

보관 환경은 ISO 14644(클린룸 표준) 및 ASTM E2352(고온 재료 보관 사양)를 준수해야 합니다.

반도체 산업은 저장 구역의 매우 낮은 입자 농도와 1ppb< 화학 오염 물질을 필요로 합니다.

실용적인 응용 프로그램:

실리콘 단결정 생산에서 폴리브덴 도가니의 깨끗한 보관 환경은 표면 오염을 방지하고 고순도 요구 사항을 충족합니다.

항공우주 고온 합금의 용융 시 일정한 온도와 낮은 습도 저장은 도가니의 수명을 연장하고 산화 위험을 줄입니다.

8.4 재고 관리 및 품질 추적

효과적인 재고 관리 및 품질 추적은 폴리브덴 도가니의 보관 상태를 제어할 수 있고 품질을 추적할 수 있도록 하여 생산 요구 사항과 고객 요구 사항을 충족합니다.

재고 관리:

카테고리별 스토리지:

도가니는 모델, 크기, 재료(예: 순수 폴리브덴, 도핑된 폴리브덴) 및 목적(예: 결정 성장, 희토류 제련)에 따라 다양한 영역에 보관됩니다.

전자 재고 관리 시스템을 사용하여 각 Crucible 의 배치 번호, 보관 시간 및 보관 위치를 기록합니다.

선입선출(FIFO):

선입선출 원칙을 따르고 장기 보관으로 인한 성능 저하를 방지하기 위해 이전에 보관된 도가니에 우선 순위를 부여하십시오.

정기적인 재고 확인(3-6 개월마다)을 수행하여 재고 상태를 업데이트하고 만료되거나 손상된 Crucible 을 제거합니다.

수량 통제:

생산 계획 및 수요 예측을 기반으로 합리적인 재고 수준을 설정하여 적체 또는 공급

Copyright and Legal Liability Statement

부족을 방지합니다.

바코드 또는 RFID 스캔을 통해 재고 데이터를 빠르게 업데이트할 수 있는 자동화된 재고 시스템을 갖추고 있습니다.

품질 추적:

데이터 기록:

각 Crucible 은 생산 공정 매개변수(예: 소결 온도, 도핑 비율), 테스트 결과(예: 순도, 밀도) 및 포장 정보를 기록하는 품질 파일과 함께 제공됩니다.

클라우드 컴퓨팅 플랫폼을 사용하여 고품질 데이터를 저장하고 원격 액세스 및 다자간 공유를 지원합니다.

정기 검사:

샘플 보관 도가니는 6-12 개월마다 표면 상태(균형, 산화), 포장 무결성 및 습도 수준을 확인합니다.

광학 현미경(배율 50-200 배)을 사용하여 표면 결함을 감지하고 XPS 를 사용하여 화학 성분을 분석하여 오염이 없는지 확인합니다.

추적:

각 도가니에는 생산, 운송 및 보관의 전체 공정 데이터에 연결된 고유 식별 코드(QR 코드 또는 RFID)가 할당됩니다.

품질 문제가 발생하면 특정 배치 및 프로세스 링크로 역추적하여 원인을 신속하게 찾을 수 있습니다.

피드백 메커니즘:

고객 피드백을 수집하고 실제 응용 분야에서 Crucible 의 성능(예: 수명 및 내식성)을 기록합니다.

피드백 데이터를 분석하고, 보관 조건 및 포장 디자인을 최적화하고, 제품 품질을 개선합니다.

디지털 관리:

재고 관리 시스템:

ERP(Enterprise Resource Planning) 또는 WMS(Warehouse Management System)와 통합하여 재고 상태를 실시간으로 모니터링하고 인바운드, 아웃바운드 및 재고 보고서를 자동으로 생성합니다.

모바일 운영을 지원하여 현장 관리자가 데이터를 신속하게 쿼리하고 업데이트할 수 있습니다.

사물 인터넷(IoT):

저장 영역에는 온도 및 습도 센서와 RFID 리더가 장착되어 환경 데이터를 실시간으로 클라우드에 업로드할 수 있습니다.

이상 발생하면(예: 과도한 습도 또는 온도 변동) 시스템은 자동으로 경보를 울리고 관리 담당자에게 조치를 취하도록 요청합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

데이터 분석:

빅 데이터 분석을 사용하여 도가니 보관 수명을 예측하고 재고 회전을 최적화합니다.

장기 보관이 도가니 성능에 미치는 영향을 분석하고 개선을 위한 지침을 제공하기 위한 고품질 데이터베이스를 구축합니다.

품질 기준:

재고 관리는 ISO 9001(품질 관리 시스템) 및 ISO 28000(공급망 보안 관리)을 준수해야 합니다.

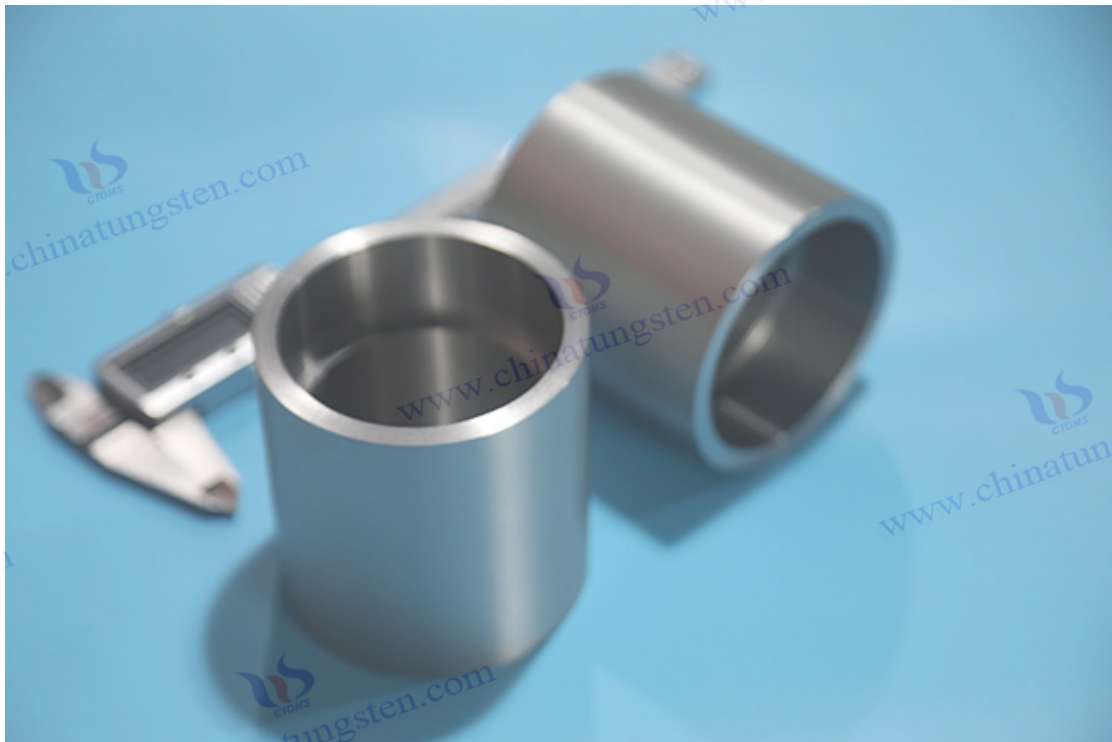
품질 추적은 ASTM B386(몰리브덴 재료 표준) 및 SEMI E170(클린 패키징 표준)을 충족해야 합니다.

추적성은 ISO 8000(데이터 품질 표준)을 준수하여 데이터 무결성과 정확성을 보장합니다.

실용적인 응용 프로그램:

희토류 제련 산업에서 디지털 재고 관리는 몰리브덴 도가니의 신속한 공급을 보장하고 생산 중단을 줄입니다.

반도체 산업에서 품질 추적 시스템은 샘플팬이 보관부터 사용까지 오염 물질이 없는지 확인하여 고순도 요구 사항을 충족합니다.



CTIA GROUP LTD 몰리브덴 도가니

Copyright and Legal Liability Statement

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model

Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

Chapter 9 물리브덴 도가니의 지속 가능성과 재활용

물리브덴 도가니는 결정 성장, 회토류 제련 및 반도체 제조와 같은 고급 산업에서 없어서는 안될 필수 요소이지만 생산 및 사용에는 높은 에너지 소비, 자원 소비 및 잠재적인 환경 영향이 포함됩니다. 지속 가능한 개발에 대한 전 세계적인 강조로 인해 물리브덴 도가니의 제조, 회수 및 재활용이 업계의 관심의 초점이 되었습니다. 이 장에서는 에너지 절약 및 배출 감소, 폐기물 재활용 기술, 재활용 경제적 및 환경적 이점, 친환경 제조 동향 및 관행을 다루며 물리브덴 도가니의 지속 가능성 및 재활용에 대해 자세히 논의하고 글로벌 산업 표준, 학술 연구 및 모범 사례를 참조하여 포괄적인 기술 및 전략 지침을 제공합니다.

9.1 에너지 절약 및 배출 저감

물리브덴 도가니는 에너지 소비가 많은 공정(예: 로스팅, 소결, 단조)을 포함하므로 에너지 효율성 및 배출 제어에 대한 요구가 더 높습니다. 에너지 절약과 배출 감소는 지속 가능한 생산을 달성하기 위한 핵심입니다.

에너지 절약 조치:

프로세스 최적화:

고효율 로스팅 장비(예: 다중 챔버 용광로 또는 회전식 가마)를 사용하여 정밀한 온도 제어 및 열 회수 시스템을 통해 에너지 활용도를 높입니다.

열 손실을 줄이기 위해 히트 파이프 또는 방사선 차폐가 장착된 고온 진공 소결로를 사용하십시오.

단조 및 방사 공정을 최적화하고, 반복되는 가열 및 가공 단계를 줄이고, 생산 주기를 단축합니다.

장비 업그레이드:

가변 주파수 모터와 지능형 제어 시스템을 도입하여 장비 전력을 동적으로 조정하고 대기 에너지 소비를 줄입니다.

저항 가열 대신 유도 가열을 사용하여 가열 효율을 높이고 전력 소비를 줄입니다.

생산 에너지 소비를 실시간으로 모니터링하고 에너지 낭비를 식별 및 제거하는 에너지 관리 시스템을 갖추고 있습니다.

재생 가능 에너지:

태양열, 풍력 또는 지열 에너지를 생산 시설에 통합하여 화석 연료에 대한 의존도를 줄입니다.

친환경 전기 공급업체에 우선순위를 부여하고 에너지원이 저탄소 기준을 충족하도록 합니다.

배출량 감소 전략:

폐가스 처리: 로스팅 과정에서 생산된 폐가스 처리는 습식 탈황으로 처리되어 황산칼슘 부산물로 전환됩니다.

소결 및 열처리로 인한 휘발성 유기 화합물(VOC)은 활성탄 흡착 또는 촉매 연소

기술을 사용하여 제거됩니다.

고효율 집진기(예: 백 필터 또는 정전기 집진기)가 장착되어 먼지 입자를 포집하고 대기 오염을 방지합니다.

폐수 관리:

화학적 정화 및 표면 처리로 생성된 산성 폐수는 중화, 침전 및 여과로 처리되어 폴리브덴산암모늄과 같은 유용한 물질을 회수합니다.

폐쇄 루프 급수 시스템을 사용하여 물 소비와 폐수 배출을 줄이십시오.

탄소 발자국 제어:

원료 추출에서 제조에 이르기까지 폴리브덴 도가니는 주요 배출 감소 지점을 식별하기 위해 수명 주기 평가(LCA)를 통해 분석됩니다.

공급망을 최적화하고 저탄소 운송 방법(예: 철도 또는 전기 트럭)을 선택하여 물류 배출량을 줄입니다.

탄소 상쇄 또는 제조업과 같은 탄소 중립 프로그램을 구현하여 생산 시 탄소 배출량을 상쇄합니다.

모니터링 및 보고:

에너지 소비 모니터링 시스템을 설치하여 각 프로세스의 에너지 소비를 기록하고 에너지 절약 보고서를 생성합니다.

배출 모니터링 장비를 갖추고 있어 SO₂, NO_x 및 입자상 물질 농도를 실시간으로 감지하여 배출 기준을 준수하는지 확인합니다.

환경 보고서를 정기적으로 제출하고 ISO 14001(환경 관리 시스템) 및 현지 환경 규정을 준수합니다.

품질 기준:

에너지 절약 조치는 에너지 효율성의 지속적인 개선을 보장하기 위해 ISO 50001(에너지 관리 시스템)을 준수해야 합니다.

배출량 감소는 EU REACH 규정 및 중국 GB 28662(비철금속 산업 배출 표준)를 준수해야 합니다.

탄소발자국 평가는 ISO 14067(제품 탄소발자국 표준)을 참조합니다.

실용적인 응용 프로그램:

사파이어 결정 성장 산업에서 고효율 소결로의 열 회수 시스템은 에너지 소비를 크게 줄이고 생산 지속 가능성을 향상시킵니다.

희토류 제련에서 폐가스 처리 기술은 SO₂ 배출량을 줄이고 공장 주변의 환경 품질을 향상시킵니다.

9.2 폐기물 재활용 기술

폴리브덴 도가니의 생산 및 사용 과정에서 발생하는 폐기물(예: 스크랩, 폐기물 도가니 및 분말)은 귀중한 자원입니다. 첨단 재활용 기술을 사용하여 자원을 재활용하고 비용 및 환경 영향을 줄일 수 있습니다.

Copyright and Legal Liability Statement

폐기물 분류:

생산 폐기물 :

여기에는 몰리브덴 분말, 소결 잔류물, 단조 스크랩 및 가공 칩이 포함되며, 이는 생산 공정에서 자격이 없는 제품 또는 폐기물에서 비롯됩니다.

특징 : 높은 순도, 낮은 불순물 함량, 직접 회수에 적합합니다.

소비 후 폐기물:

폐기된 Crucible, 표면 코팅 플레이크 및 사용된 Crucible 에서 나오는 용융 잔류물을 포함합니다.

특징: 용융 오염 물질(예: 알루미늄, 희토류 금속)을 포함할 수 있으며 전처리가 필요합니다.

카테고리 관리:

폐기물은 오염원, 구성 및 오염 정도에 따라 밀봉된 용기와 투명 라벨을 사용하여 보관하십시오.

생산 환경과 폐기물의 교차 오염을 방지하기 위해 전용 재활용 구역을 갖추고 있습니다.

재활용 기술:

물리적 재활용:

기계적 분리: 크러셔와 진동 스크린을 사용하여 사용한 도가니에서 몰리브덴 매트릭스와 표면 코팅(예: MoSi_2)을 분리하고 고순도 몰리브덴 조각을 회수합니다.

자기 분리 및 부유선광: 폐기물에서 철 및 실리콘과 같은 불순물을 제거하고 몰리브덴 회수율을 향상시킵니다.

스크리닝 및 분쇄 : 회수 된 몰리브덴 조각을 재 소결에 적합한 마이크론 수준에서 제어되는 입자 크기를 가진 분말로 분쇄합니다.

화학적 재활용:

폐기물의 몰리브덴 화합물은 불용성 불순물(예: SiO_2)을 제거하기 위해 여과된 몰리브덴산 암 모늄 용액을 생성합니다.

암모니아 용해: 산화몰리브덴(MoO_3)은 암모니아수와 반응하여 고순도 몰리브덴산암모늄을 생성한 다음 결정화 및 소성되어 몰리브덴 분말을 회수합니다.

몰리브덴은 전기분해에 의해 폐액에서 추출되며, 이는 저농도 몰리브덴 용액을 회수하는 데 적합합니다.

야금술 회복:

진공 또는 수소 분위기의 몰리브덴 물질은 휘발성 불순물을 제거하고 고순도 몰리브덴 잉곳을 생성합니다.

플라즈마 정제 : 플라즈마 아크를 사용하여 스크랩을 녹이면 몰리브덴이 더욱 정제되어 매우 순수한 몰리브덴 금속이 생성됩니다.

지역 제련 : 국부적 인 고온 및 다중 정제를 통해 반도체 등급 몰리브덴 재료 생산에 적합합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

재활용 프로세스 최적화:

전처리: 사용된 폐기물의 고온 세척(1000-1200°C, 진공 또는 수소 분위기)하여 용융 잔여물 및 코팅을 제거합니다.

자동화: 자동 분류 장비(예: X-ray 분류기)를 도입하여 폐기물 분류 효율성과 순도를 개선합니다.

폐쇄 루프 시스템: 재활용 공정은 생산 공정과 통합되며, 회수된 몰리브덴 분말은 새로운 도가니 제조에 직접 사용되어 자원 낭비를 줄입니다.

품질 관리:

재활용 몰리브덴 분말은 순도(>99.95%), 입자 크기(미크론 수준) 및 불순물 함량(C, O, N<0.01%)에 대해 테스트해야 합니다.

ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)를 사용합니다.

재활용 재료는 ASTM B386 표준을 충족하는지 확인하기 위해 성능 테스트(예: 밀도 및 경도)를 통과해야 합니다.

품질 기준:

재활용 기술은 ISO 14040(수명 주기 평가) 및 ISO 14044(환경 관리)를 준수해야 합니다.

폐기물 처리는 EU WEEE 지침(전기 및 전자 장비 폐기물) 및 고형 폐기물에 의한 환경 오염 방지 및 통제에 관한 중국 법률을 준수해야 합니다.

재활용률 목표는 자원 낭비를 줄이기 위해 높은 수준에 도달합니다.

실용적인 응용 프로그램:

반도체 산업에서 폐 몰리브덴 도가니의 화학적 재활용 기술은 실리콘 단결정 생산의 요구를 충족시키기 위해 고순도 몰리브덴 분말을 생산합니다.

귀금속 정제에서 야금 재활용 기술은 폐기물 도가니를 몰리브덴 잉곳으로 변환하여 생산 비용을 절감합니다.

9.3 재활용의 경제적 및 환경적 이점

몰리브덴 도가니 폐기물을 재활용하면 자원 소비와 생산 비용을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 상당한 환경 및 사회적 이점을 제공하고 순환 경제의 발전을 촉진합니다.

경제적 이익:

비용 절감:

몰리브덴 폐기물을 재활용하는 것은 몰리브덴 나이트에서 새로운 몰리브덴을 추출하는 것보다 훨씬 낮아 원료 구매 비용을 절약할 수 있습니다.

폐쇄 루프 재활용 시스템은 폐기물 처리 및 폐기 비용을 줄이고 공급망 효율성을 최적화합니다.

자원 효율성:

재활용은 몰리브덴 광석 채굴에 대한 수요를 줄이고 희귀 금속 자원의 서비스 수명을 연장합니다.

재활용 몰리브덴 분말은 생산에 직접 사용할 수 있어 제조 주기를 단축하고 생산

Copyright and Legal Liability Statement

능력을 높일 수 있습니다.

시장 경쟁력:

지속 가능한 제품을 제공하면 환경을 생각하는 고객을 유치하고 브랜드 이미지를 강화할 수 있습니다.

친환경 조달 표준을 준수하고 고급 시장(예: 반도체 및 항공우주)을 개척합니다.

환경적 이점:

리소스 보호:

몰리브덴 채굴을 줄이고, 토지 파괴, 광미 축적 및 생태학적 영향을 줄입니다.

재활용은 희귀 금속에 대한 의존도를 줄이고 재생 불가능한 자원을 보호합니다.

오염 감소:

재활용 공정은 1 차 몰리브덴 생산보다 에너지를 덜 소비하고 CO₂, SO₂ 및 기타 오염 물질의 배출을 줄입니다.

적절한 폐기물 처리는 토양 및 수질 오염을 방지하고 환경 품질을 향상시킵니다.

에너지 절약:

재활용 몰리브덴은 1 차 몰리브덴 정제보다 훨씬 낮아 생산의 탄소 발자국을 줄입니다.

플라즈마 정제와 같은 효율적인 회수 기술은 에너지 소비를 더욱 줄여줍니다.

사회적 혜택:

직업 기회:

회수 및 재활용 산업은 일자리를 창출하고 폐기물 수집, 분류 및 처리를 포함합니다.

녹색 기술 연구 및 개발을 촉진하고 고도로 숙련된 인재를 유치합니다.

커뮤니티 영향:

지역 사회에 대한 광업의 간섭을 줄이고 주민들의 삶의 질을 향상시킵니다.

친환경 생산은 기업의 사회적 책임(CSR) 이미지를 강화하고 지역사회의 지지를 얻습니다.

순환 경제 모델:

폐쇄 루프 공급망:

생산에서 재활용 및 재사용에 이르는 폐쇄 루프 시스템을 구축하여 자원의 가치를 극대화합니다.

공급업체 및 고객과 협력하여 폐기물 재활용 네트워크를 구축하여 안정적인 공급을 보장합니다.

정책 지원:

정부 보조금과 세금 인센티브를 사용하여 기업이 재활용 기술 및 친환경 제조에 투자하도록 장려합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

순환 경제 파일럿 프로젝트에 참여하고 모범 사례를 공유합니다.

디지털 관리:

블록체인 기술을 사용하여 폴리브덴 도가니의 수명 주기를 추적하여 재활용 프로세스가 투명하고 추적 가능한지 확인합니다.

데이터 분석을 구현하여 재활용 효율성과 자원 할당을 최적화합니다.

품질 기준:

재활용은 ISO 14021(환경 라벨링 및 선언) 및 ISO 14064(온실 가스 회계)를 준수해야 합니다.

경제적 편익 평가는 UNEP(United Nations Environment Programme)의 순환 경제 지침을 참조합니다.

환경적 이점은 ISO 14040 표준에 따라 LCA(Life Cycle Assessment)를 통해 정량화해야 합니다.

실용적인 응용 프로그램:

희토류 제련 산업에서 폐 폴리브덴 도가니를 재활용하면 생산 비용을 절감하는 동시에 광미 배출량을 줄일 수 있습니다.

항공우주 고온 합금 제조에서 재활용 폴리브덴 도가니는 친환경 공급망을 지원하고 업계의 지속 가능성 목표를 충족합니다.

9.4 녹색제조업 동향 및 관행

녹색 제조는 기술 혁신, 지능형 생산 및 생태 설계를 포괄하고 저탄소 및 환경 친화적으로의 산업 전환을 촉진하여 지속 가능한 개발을 달성하기 위한 폴리브덴 도가니 산업의 미래 방향입니다.

기술 혁신:

낮은 에너지 소비 프로세스:

고순도 폴리브덴 분말을 생산하고 환원 및 연삭의 에너지 소비를 줄이기 위해 플라즈마 분무 기술을 개발합니다.

기존 절단 대신 레이저 보조 가공을 사용하여 에너지 소비와 폐기물 발생을 줄일 수 있습니다.

청정 생산:

무용제 표면 처리 기술(예: 플라즈마 스프레이)을 사용하여 화학 물질 사용 및 폐기물 배출을 줄입니다.

산성 세척 용액을 대체하고 환경 위험을 줄이기 위해 수성 세척제를 개발합니다.

녹색 물자:

폴리브덴 기반 복합 재료(예: Mo-Re 합금)를 연구 개발하여 도가니의 내구성을 개선하고 서비스 수명을 연장합니다.

생분해성 플라스틱과 같은 재활용 가능한 포장재를 사용하여 포장 폐기물을

Copyright and Legal Liability Statement

줄이십시오.

지능형 생산:

인더스트리 4.0:

사물 인터넷(IoT)과 센서를 도입하여 생산 중 에너지 소비, 배기 가스 및 폐기물 발생을 실시간으로 모니터링합니다.

인공 지능(IDEALIZED AI)을 사용하여 프로세스 매개변수를 최적화하고 리소스 낭비를 줄입니다.

디지털 트윈:

몰리브덴 도가니 생산 공정의 가상 모델을 구축하고, 에너지 절약 및 배출 감소 효과를 시뮬레이션하고, 공정 개선을 안내합니다.

장비 유지 관리 요구 사항을 예측하여 가동 중단 시간과 에너지 낭비를 줄입니다.

자동화:

로봇과 자동화된 조립 라인을 배치하여 생산 효율성을 개선하고 수동 작업에서 낭비를 줄입니다.

지능형 분류 장비를 사용하여 폐기물 재활용 프로세스를 최적화하고 재활용률을 높이십시오.

에코 디자인:

상품 디자인:

모듈식 몰리브덴 도가니 설계는 분해 및 재활용이 쉬워 폐기물을 줄입니다.

도가니 형상을 최적화하여 재료 사용량을 줄이면서 성능을 유지합니다.

라이프사이클 관리:

생산에서 재활용에 이르기까지 도가니가 환경에 미치는 영향은 LCA 를 통해 평가되며 저탄소 공정이 선호됩니다.

여러 재활용 및 재제조를 지원하기 위해 재활용 가능한 도가니를 설계합니다.

녹색 인증:

ISO 14001 인증을 신청하여 생산 공정이 환경 관리 표준을 준수함을 입증합니다.

EPD(Environmental Product Declaration)를 획득하여 고객에게 도가니의 환경 성능을 보여줍니다.

업계 관행:

협업 및 공유:

업스트림 및 다운스트림 기업과 협력하여 몰리브덴 폐기물 재활용 네트워크를 구축하고 재활용 시설 및 데이터를 공유합니다.

국제 몰리브덴 협회(International Molybdenum Association)와 같은 업계 연합에 참여하여 친환경 제조 모범 사례를 홍보합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model

Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

정책 동인:

글로벌 탄소 중립 목표(예: EU 의 2050 탄소 중립 계획)에 대응하여 기업 탄소 감축 로드맵을 개발합니다.
정부의 친환경 제조 보조금을 활용하고 에너지 절약 장비 및 재활용 기술에 투자하십시오.

소비자 교육:

지속 가능한 몰리브덴 도가니의 수용은 친환경 제품의 이점을 촉진합니다 .
고객이 사용한 도가니를 공급업체에 반환하도록 권장하는 재활용 지침을 제공합니다.

품질 기준:

친환경 제조는 ISO 14001(환경 경영 시스템) 및 ISO 50001(에너지 경영 시스템)을 준수해야 합니다.
기술 혁신은 재료가 환경 친화적임을 보장하기 위해 IEC 62474(재료 선언 표준)를 나타냅니다.
에코디자인은 ISO 14006(에코디자인 가이드라인)을 따라야 합니다.

실용적인 응용 프로그램:

반도체 산업에서 지능형 생산 및 에코 설계는 몰리브덴 도가니 제조의 탄소 발자국을 줄이고 친환경 공급망 요구 사항을 충족합니다.
사파이어 결정 성장에서 저에너지 소비 공정 및 폐기물 재활용 기술은 생산 비용을 절감하고 환경적 이점을 개선합니다.



CTIA GROUP LTD 몰리브덴 도가니

Copyright and Legal Liability Statement

Chapter 10 몰리브덴 도가니 기술적 과제와 향후 개발

몰리브덴 도가니는 높은 용점(2623°C), 우수한 고온 저항 및 내식성으로 인해 사파이어 결정 성장, 희토류 세련, 반도체 제조, 항공 우주 등과 같은 고급 분야에서 대체할 수 없는 역할을 합니다. 그러나 응용 시나리오의 복잡성과 성능 요구 사항의 개선으로 인해 몰리브덴 도가니의 제조 및 사용은 산화 방지 성능, 복잡한 형상 제조 및 비용 관리를 포함한 여러 기술적 문제에 직면해 있습니다. 동시에 신소재, 신기술, 지능형 생산 및 친환경 제조의 급속한 발전은 몰리브덴 도가니의 미래에 대한 광범위한 전망을 열어주었습니다. 이 장에서는 몰리브덴 도가니의 기술적 과제와 향후 개발 방향에 대해 자세히 논의하고 기술적 과제, 신소재 및 기술, 지능형 및 친환경 제조, 미래 동향을 다룹니다. 글로벌 학술 연구, 산업 표준 및 최첨단 관행을 참조하여 포괄적인 기술 분석 및 전략적 전망을 제공합니다.

10.1 기술적 과제

몰리브덴 도가니는 고온, 부식 및 복잡한 공정 환경으로 인한 문제에 대처해야 합니다. 다음 분석은 산화 방지 성능, 복잡한 형상 제조 및 비용 관리의 세 가지 측면에서 수행됩니다.

10.1.1 항산화 특성

몰리브덴은 고온(>600°C)에서 산소와 쉽게 반응하여 휘발성 몰리브덴 산화물(MoO₃)을 형성하여 도가니 표면 열화, 벽 두께 손실 및 성능 저하를 초래합니다. 이 문제는 비진공 또는 불활성 대기 환경에서 특히 두드러집니다.

챌린지 설명:

산화 메커니즘: 몰리브덴은 고온 산화 환경에서 MoO₃를 형성하여 휘발되어 모공을 남겨두어 표면 거칠기와 강도 감소를 초래합니다. 사파이어 결정의 성장 과정에서 미량의 산소로 인해 도가니 표면이 벗겨져 용융물이 오염될 수 있습니다.

대기 제어의 어려움: 진공(<10⁻³ Pa) 또는 고순도 불활성 대기(아르곤, 산소 함량 <10ppm)에서도 미량 산소 침투를 완전히 피하기는 여전히 어려우며, 특히 대형 용광로나 장기간 작동에서는 더욱 그렇습니다.

코팅 제한: 현재 산화 방지 코팅(예: MoSi₂ 및 ZrO₂)은 매우 높은 온도(>1800°C)에서 벗겨지거나 균열이 발생하여 보호 효과가 감소할 수 있습니다. 코팅과 기관 사이의 결합 강도 및 열팽창 계수 일치는 더욱 최적화되어야 합니다.

응용 시나리오: 희토류 세련 또는 귀금속 정제에서 도가니는 복잡한 대기(예: 미량의 산화 가스가 포함된 대기)에 노출될 수 있으며 더 높은 산화 방지 성능이 필요합니다.

기술적 어려움:

초고온(>2000°C)을 견디면서 코팅과 몰리브덴 기관 사이의 우수한 접착력을 유지할 수 있는 내산화성 코팅을 개발합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

몰리브덴 물질의 고유 내산화성을 향상시키고 도핑 또는 합금을 통해 산화 민감도를 줄입니다.

효율적인 대기 제어 시스템을 설계하여 산소 함량과 가스 흐름을 정밀하게 제어하여 역동적인 생산 환경에 적응할 수 있습니다.

항산화 성능과 비용의 균형을 유지하여 솔루션이 대규모 생산에 적합한지 확인합니다.

대처 전략:

표면 개질: 플라즈마 스프레이 또는 화학 기상 증착(CVD)을 사용하여 내산화성 및 열 안정성을 개선하기 위한 다층 복합 코팅(예: $\text{MoSi}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$)을 준비합니다.

도핑 기술: 희토류 산화물(예: La_2O_3 및 CeO_2)로 도핑하면 몰리브덴 입자를 정제하고 결정립 경계 안정성을 향상시키며 산화 속도를 늦출 수 있습니다.

대기 최적화: 질량 분석기와 산소 센서를 통합하여 가스 조성을 실시간으로 조정하여 산소 함량을 매우 낮게 유지하는 지능형 대기 제어 시스템을 개발합니다.

테스트 검증: 고온 산화 테스트 플랫폼을 구축하여 실제 사용 조건($1700\text{-}2050^\circ\text{C}$, 산소 함유 대기)을 시뮬레이션하고 코팅 및 재료의 산화 방지 수명을 평가합니다.

실용적인 응용 프로그램:

사파이어 결정의 성장에서 복합 코팅 몰리브덴 도가니는 미량 산소의 침식에 효과적으로 저항하고 서비스 수명을 연장할 수 있습니다.

고온 합금 체련에서 몰리브덴이 도핑된 도가니는 산화 손실을 줄이고 용융 오염의 위험을 낮춥니다.

10.1.2 복합 형상 제조

현대 산업은 얇은 벽, 큰 직경 및 특수 모양의 구조와 같은 몰리브덴 도가니의 기하학적 형상 및 치수 정확도에 대한 요구 사항이 점점 더 높아지고 있습니다. 복잡한 형상의 도가니의 제조는 여러 기술적 장애물에 직면해 있습니다.

챌린지 설명:

재료 특성: 몰리브덴의 높은 경도와 낮은 연성(실온에서 높은 취성)으로 인해 특히 균열이나 변형이 발생하기 쉬운 얇은 벽($<5\text{mm}$) 또는 복잡한 모양(예: 원추형, 사다리꼴) 도가니를 제조할 때 가공이 어렵습니다.

성형 기술: 기존의 방적, 단조 및 용접 공정은 고정밀과 복잡한 형상 요구 사항을 충족하기 어렵고 벽 두께와 표면 마감의 균일성을 보장하기가 어렵습니다.

치수 정확도: 대형 샘플팬(직경 $> 500\text{mm}$)에는 기존 공정 장비 및 금형 설계로 안정적으로 달성하기 어려운 마이크론 수준의 허용 오차가 필요합니다.

응용 분야 요구 사항: 반도체 산업은 열장 균일성을 최적화하기 위해 초박막

Copyright and Legal Liability Statement

도가니(<3mm)가 필요하며, 항공 우주 산업은 특정 용융 공정에 적응하기 위해 특수 모양의 도가니가 필요합니다.

기술적 어려움:

몰리브덴 재료의 가공성을 향상시키고 고온 가공 중 균열 경향을 줄입니다.
복잡한 형상과 얇은 벽 구조의 제조 요구 사항을 충족하는 고정밀 성형 기술을 개발합니다.
금형 설계 및 가공 경로를 최적화하여 균일한 벽 두께와 표면 품질을 보장합니다.
대량 생산 요구 사항을 충족하기 위해 제조 정밀도와 생산 효율성의 균형을 맞춥니다.

대처 전략:

적층 제조: LPBF(Laser Powder Bed Fusion) 또는 EBM(Electron Beam Melting)과 같은 3D 프린팅 기술을 탐색하여 복잡한 도가니 모양을 직접 형성하고 후속 처리를 줄입니다.

HIP(Hot Isostatic Pressing): HIP 기술은 도가니 밀도와 균일성을 개선하고 성형 결함을 줄이는 데 사용되며 벽이 얇은 구조물에 적합합니다.

Precision Spinning: 벽 두께 편차 및 표면 거칠기를 제어하기 위한 실시간 모니터링 시스템을 갖춘 CNC 방적 장비를 개발합니다.

금형 최적화: 다단계 프로그레시브 금형을 설계하고 유한 요소 해석(FEA)을 결합하여 성형 공정을 시뮬레이션하고 응력 분포 및 재료 흐름을 최적화합니다.

실용적인 응용 프로그램:

실리콘 단결정 Czochralski 방법에서 3D 프린팅 몰리브덴 도가니는 복잡한 열장 설계를 달성하고 결정 품질을 향상시킵니다.

항공우주 고온 합금의 용융에서 정밀 방사 기술은 맞춤형 요구 사항을 충족하는 특수 모양의 도가니를 제조하는 데 사용됩니다.

10.1.3 비용 관리

몰리브덴 도가니는 생산 비용을 높게 유지하여 일부 분야에서 광범위한 적용을 제한합니다. 특히 경쟁이 치열한 시장에서는 비용 관리가 핵심 과제가 되고 있습니다.

챌린지 설명:

원료 비용 : 고순도 몰리브덴 (>99.95 %)은 비싸고 도핑 요소 (예 : CeO, La₂O₃) 및 산화 방지 코팅은 비용을 더욱 증가시킵니다.

제조 비용: 높은 에너지 소비 공정(예: 진공 소결, 플라즈마 분무) 및 복잡한 공정(예: 정밀 방사)으로 인해 높은 생산 비용이 발생합니다.

재활용 비용: 폐기물 도가니의 재활용에는 화학 처리 및 야금 정제가 포함되며, 이는 에너지 소비가 많은 복잡한 공정입니다.

Copyright and Legal Liability Statement

시장 경쟁: 저비용 대체 재료(예: 흑연, 세라믹)는 특정 응용 분야에서 가격 이점이 있어 폴리브덴 도가니 시장 점유율을 압박합니다.

기술적 어려움:

고순도 폴리브덴 및 도핑 물질의 조달 비용을 절감하는 동시에 성능을 유지합니다. 생산 프로세스를 최적화하고, 에너지 소비와 낭비를 줄이고, 자원 활용도를 개선합니다. 효율적인 재활용 기술을 개발하여 폐기물 처리 비용을 절감하고 재활용률을 높입니다. 폴리브덴 도가니 제품은 중저가 시장에 적합합니다.

대처 전략:

원료 최적화: 저비용 폴리브덴 공급원(예: 재활용 폴리브덴 폐기물) 또는 대체 도핑 원소(예: 희토류 산화물 대신 ZrO₂)를 탐색하여 원료 비용을 절감합니다.

공정 개선: 효율적인 소결 기술(예: 마이크로파 소결)을 사용하여 가열 시간을 단축하고 에너지 소비를 줄입니다. 처리 경로를 최적화하고 폐기물 발생을 줄입니다.

대규모 생산: 자동화된 생산 라인을 구축하여 생산 효율성을 높이고 단가를 분산합니다.

재활용 및 통합: 폐 루프 재활용 시스템을 구축하여 폐기물 도가니를 고순도 폴리브덴 분말로 직접 변환하여 재활용 비용을 절감합니다.

실용적인 응용 프로그램:

희토류 체련에서 자동화된 생산 라인 및 폐기물 재활용은 폴리브덴 도가니의 생산 비용을 절감하고 시장 경쟁력을 향상시킵니다. 귀금속 정제에서 공정 최적화는 에너지 소비를 줄이고 중소기업의 비용 요구를 충족합니다.

10.2 신소재 및 기술

새로운 재료와 기술의 도입으로 성능을 개선하고 폴리브덴 도가니의 적용을 확대할 수 있게 되었습니다. 다음은 세 가지 측면에서 논의 될 것입니다 : 폴리브덴 기반 복합 재료, 나노 구조 및 대체 재료.

10.2.1 폴리브덴계 복합재료

폴리브덴 기반 복합 재료는 강화 상 또는 작용 상을 추가하여 도가니의 기계적 특성, 내식성 및 내산화성을 향상시킵니다.

머티리얼 디자인:

폴리브덴 - 희토류 복합 재료 : La₂O₃, CeO₂ 또는 Y₂O₃, 정제 된 입자 (<50 μm)로 도핑되어 고온 강도 및 크리프 저항성이 향상되어 사파이어 결정 성장 (2050 °C)에 적합합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

몰리브덴 - 세라믹 복합 재료 : SiC, Al₂O₃ 또는 ZrO₂ 입자를 첨가하면 경도와 내마모성이 향상되고 부식성 용융물 (예 : 희토류 금속)에서 도가니의 수명이 연장됩니다.

몰리브덴 - 금속 복합 재료 : 텅스텐 (Mo-W) 또는 레늄 (Mo-Re)과 합금되어 인성 및 열 충격 저항을 향상시켜 항공 우주의 고온 용융에 적합합니다.

제조 기술:

분말 야금: 복합 도가니는 균일한 상 분포를 보장하기 위해 고온 소결 및 열간 압착으로 제조됩니다.

플라즈마 스프레이: 표면 산화 저항성 및 내식성을 개선하기 위한 복합 코팅(예: MoSi₂/ZrO₂)을 준비합니다.

기계적 합금: 고에너지 볼 밀링을 사용하여 강화 단계를 도핑하고 재료 미세 구조를 최적화합니다.

성능 이점:

고온 강도가 향상되고 크리프 저항이 순수 몰리브덴보다 우수합니다.

내산화성이 향상되고 코팅 수명이 연장됩니다.

다양한 용융 환경에 적합한 향상된 내식성.

실용적인 응용 프로그램:

반도체 산업에서 Mo-Re 복합 도가니는 열 사이클 안정성을 개선하고 실리콘 단결정 생산의 요구 사항을 충족합니다.

희토류 제련에서 Mo-SiC 복합 도가니는 용융 네오디뮴의 침식에 저항하고 서비스 수명을 연장할 수 있습니다.

10.2.2: 나노 구조

나노 구조 몰리브덴 재료는 입자 크기와 계면 특성을 제어하여 도가니의 기계적 특성과 고온 안정성을 크게 향상시킵니다.

나노 결정 몰리브덴 :

제조 방법 : 나노 스케일 몰리브덴 분말 (입자 크기 <100 nm)은 플라즈마 분무 또는 화학 기상 증착 (CVD)에 의해 생성되고 열간 압착에 의해 도가니에 소결된다.

성능 향상: 나노 결정 구조(입자 <100nm)는 결정립 경계 밀도를 증가시키고 강도와 인성을 개선하며 고온 크리프를 줄입니다.

과제: 나노결정 물질은 초고온(>2000°C)에서 결정립 성장이 발생할 수 있으며 도핑으로 결정립계를 안정화해야 합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model

Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

나노 코팅:

기술: 나노 스케일 산화 방지 코팅(예: Al_2O_3 , Si_3N_4 , 두께 10-100nm)은 원자층 증착(ALD) 또는 마그네트론 스퍼터링을 사용하여 준비됩니다.

장점: 나노 코팅은 조밀하고 균일하며 열팽창 계수는 몰리브덴 기판의 열팽창 계수와 일치하며 산화 및 내식성을 크게 향상시킵니다.

응용 분야: 산소가 포함된 대기에서 도가니의 서비스 수명을 연장하고 용융 오염을 줄입니다.

나노 복합재:

설계: 나노 입자(예: ZrO_2 , SiC)를 두 번째 단계로 도입하여 Mo 매트릭스의 기계적 특성과 열적 안정성을 향상시킵니다.

제작: 나노 입자의 균일한 분산을 달성하기 위해 기계적 합금 및 열간 등압 프레스(HIP)로 준비됩니다.

성능: 균열 성장 저항을 향상시키고 도가니 피로 수명을 연장합니다.

실용적인 응용 프로그램:

사파이어 결정의 성장에서 나노 결정 몰리브덴 도가니는 열 응력 균열을 줄이고 결정 품질을 향상시킵니다.

항공우주 분야에서 나노 코팅 도가니는 고온 산화에 저항하고 극한 환경의 요구 사항을 충족합니다.

10.2.3 대체 재료

몰리브덴 도가니는 우수한 성능을 제공하지만 일부 응용 분야에서는 대체 재료가 더 나은 비용 성능 또는 특정 성능 이점을 제공할 수 있습니다.

텅스텐 (W):

특징 : 높은 용점 (3422 °C), 몰리브덴보다 우수한 내식성, 초고온 환경 (>2200 °C)에 적합합니다.

제한 사항: 고밀도($19.25\text{g}/\text{cm}^3$), 가공이 어려움, 몰리브덴보다 비쌉니다.

응용 분야 : 항공 우주 고온 합금 용융, 몰리브덴 도가니를 부분적으로 대체합니다.

세라믹 재료:

유형 : 알루미나 (Al_2O_3), 산화 지르코늄 (ZrO_2), 질화 붕소 (BN).

특징 : 높은 화학적 안정성, 강한 내식성, 저렴한 비용, 그러나 제한된 고온 강도 (<2000 °C).

응용 프로그램: 중저가 희토류 세련 또는 귀금속 정제, 일부 몰리브덴 도가니 대체.

Copyright and Legal Liability Statement

석목:

특징 : 저렴한 비용, 쉬운 가공, 높은 열전도율, 그러나 산화하기 쉽고 진공 또는 불활성 분위기에서 사용해야 합니다.

응용 분야 : 저비용 실리콘 제련, 몰리브덴 도가니의 부분 교체.

개선: 흑연은 SiC 또는 BN 층으로 코팅되어 내산화성과 내식성을 향상시킵니다.

복합 재료:

디자인: 텅스텐-세라믹 복합체 또는 흑연-몰리브덴 복합재, 둘의 장점을 결합합니다.

장점: 고온 성능과 비용의 균형을 특정 응용 분야에 맞게 조정합니다.

응용 분야 : 고온 합금 제조 및 결정 성장.

실용적인 응용 프로그램:

귀금속의 정제에서 지르코니아 도가니는 중소기업의 요구를 충족시키는 저비용 대안 역할을 합니다.

항공 우주에서 텅스텐 도가니는 몰리브덴 도가니의 온도 제한을 보완하기 위해 초고온 용융에 사용됩니다.

10.3 지능형 친환경 제조

지능적이고 친환경적인 제조는 몰리브덴 도가니 산업이 기술적 과제와 지속 가능한 개발에 대처하기 위한 핵심 방향입니다. 다음은 지능형 모니터링, 에너지 절약 및 환경 보호, 폐기물 재활용의 세 가지 측면에서 논의됩니다.

10.3.1 지능형 모니터링

몰리브덴 도가니는 센서, 사물 인터넷(IoT) 및 인공지능(AI)을 통해 생산 및 사용됩니다.

생산 모니터링:

센서 네트워크: 온도, 압력 및 진동 센서를 소결로, 방적 기계 및 코팅 장비에 배포하여 공정 매개변수를 실시간으로 수집합니다.

데이터 분석: AI 알고리즘을 사용하여 센서 데이터를 분석하고, 장비 고장을 예측하고, 프로세스 매개변수(예: 소결 온도 및 회전 속도)를 최적화합니다.

디지털 트윈: 도가니 생산 공정의 가상 모델을 구축하여 열장, 응력 분포 및 재료 흐름을 시뮬레이션하여 공정 개선을 안내합니다.

사용 모니터링:

고온 모니터링: 결정 성장 또는 용광로에 적외선 온도계와 열전대를 설치하여 도가니 온도 분포를 실시간으로 모니터링하고 매우 작은 범위 내에서 편차를 제어합니다.

대기 제어: 질량 분석기와 산소 센서를 사용하여 용광로의 가스 조성을 모니터링하고 아르곤 또는 수소 흐름을 자동으로 조정하여 산소 함량을 매우 낮게 유지합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

수명 예측: 머신 러닝을 통해 도가니의 열 주기 데이터를 분석하여 균열 발생 및 수명 감쇠를 예측하고 유지 보수 주기를 최적화합니다.

품질 추적성:

블록체인 기술: 품질 추적성을 보장하기 위해 생산부터 사용까지 도가니의 전체 수명 주기 데이터를 기록합니다.

QR 코드/Rfid: 각 도가니에는 결합 분석을 용이하게 하기 위해 생산, 테스트 및 사용 기록에 연결된 고유 식별 장치가 장착되어 있습니다.

실용적인 응용 프로그램:

반도체 산업에서 지능형 모니터링 시스템은 실리콘 단결정 생산 중 폴리브덴 도가니에서 균일한 열장을 보장하여 결함을 줄입니다.

회토류 제련에서 디지털 트윈 기술은 도가니 설계를 최적화하고 서비스 수명을 연장합니다.

10.3.2 에너지 절약 및 환경 보호

에너지 절약 기술 및 환경 보호 조치를 통한 폴리브덴 도가니 생산 .

에너지 절약 기술:

효율적인 가열: 에너지 활용도를 높이기 위해 기존의 저항 가열 대신 마이크로파 소결 또는 유도 가열을 사용합니다.

열 회수: 히트 파이프 또는 열교환기는 예열 또는 플랜트 가열을 위해 폐열을 회수하기 위해 소결로에 설치됩니다.

지능형 제어: 가변 주파수 모터 및 에너지 관리 시스템을 배포하여 장비 전력을 동적으로 조정하고 대기 에너지 소비를 줄입니다.

환경 보호 조치:

로스팅으로 생성된 SO₂는 습식 탈황을 통해 부산물로 전환되고, 촉매 연소를 통해 휘발성 유기 화합물(VOC)을 제거합니다.

중화 및 여과 후 재생되어 수자원 소비를 줄입니다.

저탄소 에너지: 태양열 또는 풍력 발전을 통합하여 생산의 탄소 발자국을 줄이고 친환경 전기 공급업체에 우선 순위를 부여합니다.

라이프사이클 관리:

LCA 분석: 원료 추출에서 재활용에 이르기까지 도가니가 환경에 미치는 영향을 평가하고 저탄소 공정을 최적화합니다.

친환경 인증: ISO 14001(환경 경영 시스템) 및 ISO 50001(에너지 경영 시스템) 인증을 신청하여 환경에 대한 약속을 입증합니다.

탄소 중립: 글로벌 2050 탄소 중립 목표에 대응하여 탄소 상쇄 또는 조립을 통해 생산에서 탄소 중립을 달성합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

실용적인 응용 프로그램:

사파이어 결정 성장에서 열 회수 시스템은 소결로의 에너지 소비를 줄이고 생산 지속 가능성을 향상시킵니다.
항공우주 고온 합금 제조에서 배기 가스 처리 기술은 SO₂ 배출량을 줄이고 환경 품질을 개선합니다.

10.3.3 폐기물 재활용

효율적인 폐기물 재활용 기술은 친환경 제조의 핵심으로 자원 재활용 및 비용 절감을 지원합니다.

재활용 프로세스:

분류: 교차 오염을 방지하기 위해 생산 폐기물(스크랩, 분말)과 사용 후 폐기물(폐기물 도가니, 코팅 잔류물)을 별도로 보관하십시오.
물리적 회수: 과쇄, 스크리닝 및 자기 분리를 사용하여 폴리브덴 매트릭스와 불순물을 분리하고 고순도 폴리브덴 조각을 회수합니다.
화학적 회수: 암모늄 폴리브덴 산염은 산 침출 및 암모니아 용해에 의해 폐기물에서 추출되고 소성되어 고순도 폴리브덴 분말을 생산합니다.
야금 회수: 진공 용융 또는 플라즈마 정제를 사용하여 폐 폴리브덴을 정제하고 고순도 폴리브덴 잉곳을 생산합니다.

기술 혁신:

자동 분류: X-ray 분류기와 로봇을 도입하여 폐기물 분류 효율성과 순도를 개선합니다.
폐쇄 루프 시스템: 재활용 폴리브덴 분말은 새로운 도가니 생산에 직접 사용되어 자원 낭비를 줄입니다.
저에너지 재활용: 폐액 처리에서 에너지 소비와 오염을 줄이기 위해 전기화학적 재활용 기술을 개발합니다.

품질 관리:

재활용 폴리브덴 분말은 순도 및 불순물 함량에 대해 테스트해야 하며 이는 ASTM B386 표준을 준수해야 합니다.
ICP-MS 를 사용하면 재활용 재료가 고급 응용 분야에 적합한지 확인할 수 있습니다.
버진 폴리브덴에 대한 재활용 재료의 동등성.

실용적인 응용 프로그램:

반도체 산업에서 폐기물 도가니는 실리콘 단결정 생산의 요구를 충족시키기 위해 고순도 폴리브덴 분말을 생산하기 위해 재활용됩니다.
희토류 제련에서 폐쇄 루프 재활용 시스템은 폐기물 처리 비용을 줄이고 자원 효율성을 향상시킵니다.

10.4 미래 동향

폴리브덴 도가니는 고성능 설계, 교차 필드 응용 분야 및 극한 환경에 대한 적응성을 중심으로 하여 산업 기술 혁신과 시장 확장을 주도할 것입니다.

Copyright and Legal Liability Statement

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model

Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

10.4.1 고성능 설계

고성능 폴리브덴 도가니는 재료 혁신, 구조 최적화 및 지능형 설계를 통해 더 까다로운 응용 분야 요구 사항을 충족할 것입니다.

재료 업그레이드:

초고순도 폴리브덴(>99.999%) 및 새로운 복합 재료(예: Mo-W-Re)를 개발하여 고온 강도와 내식성을 향상시킵니다.

자가 치유 코팅(예: ZrO₂를 함유한 나노 복합 코팅)을 도입하여 고온에서 미세 균열을 자동으로 수리하고 서비스 수명을 연장합니다.

구조 최적화:

벽이 얇은(<2mm) 및 직경이 큰(>600mm) 도가니를 설계하여 열장 균일성을 최적화하고 재료 소비를 줄이십시오.

쉽게 분해 및 재활용할 수 있는 모듈식 도가니를 개발하여 순환 경제를 지원합니다.

지능형 디자인:

도가니 벽에 센서(예: 온도 및 응력 센서)를 내장하여 작동 상태를 실시간으로 모니터링하고 고장 위험을 예측합니다.

디지털 트윈 기술을 사용하여 도가니 형상을 최적화하고 열전도율과 기계적 특성의 균형을 맞춥니다.

실용적인 응용 프로그램:

차세대 반도체 제조에서 초고순도 폴리브덴 도가니는 보다 발전된 웨이퍼 생산 공정을 지원합니다.

고온 합금 제조에서 자가 치유 코팅 도가니는 수명을 연장하고 유지 보수 비용을 절감합니다.

10.4.2 도메인 간 응용 프로그램

폴리브덴 도가니는 다양한 요구를 충족하기 위해 전통적인 분야에서 신형 산업으로 확장될 것입니다.

새로운 에너지:

페로브스카이트 태양 전지 제조에서 폴리브덴 도가니는 효율적인 전지 생산을 지원하기 위해 고온 증발 또는 용융 공정에 사용됩니다.

핵융합로에서 폴리브덴 도가니는 고온 플라즈마 감금 물질을 용융하는 데 사용됩니다.

바이오 의약품:

고급 의료 기기 제조에서 폴리브덴 도가니는 티타늄 합금과 같은 생체 적합성 금속을 정제하는 데 사용됩니다.

제약 합성에서 폴리브덴 도가니는 고온 화학 반응을 지원하고 고순도를 보장합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

3D 프린팅:

금속 3D 프린팅에서 폴리브덴 도가니는 항공 우주 및 자동차 산업의 요구 사항을 충족하기 위해 고용점 합금 분말을 용융하는 데 사용됩니다.

연속 인쇄 및 대규모 생산을 지원하기 위해 특수 폴리브덴 도가니를 개발합니다.

실용적인 응용 프로그램:

핵융합 연구에서 폴리브덴 도가니는 고온 재료 테스트를 지원하고 청정 에너지 개발에 기여합니다.

3D 프린팅 산업에서 폴리브덴 도가니는 합금 분말의 품질을 향상시키고 정밀 제조의 요구를 충족합니다.

10.4.3 극한 환경

폴리브덴 도가니는 초고온, 강한 부식 및 복잡한 대기와 같은 보다 극한의 작업 환경에 적응합니다.

초고온 :

항공 우주에서 초고온 합금의 용융 요구 사항을 충족하기 위해 >2500°C 의 온도 저항을 가진 폴리브덴 기반 복합 도가니.

다층 나노 코팅(예: $\text{Si}_3\text{N}_4 / \text{ZrO}_2$)을 사용하여 내산화성과 열 안정성을 향상시킵니다.

강한 부식:

신에너지 배터리 및 화학 산업에 사용하기 위해 희토류 금속 및 용융염에 의한 부식에 강한 도가니를 설계합니다.

폴리브덴-세라믹 복합 재료의 도입은 화학적 안정성을 향상시키고 서비스 수명을 연장합니다.

복잡한 분위기:

산소를 함유하는 도가니, 황을 함유하는 또는 할로젠을 함유하는 대기에 적합한 도가니를 개발하여 특별한 제련 요구 사항을 충족합니다.

지능형 대기 제어 시스템을 사용하여 가스 조성을 동적으로 조정하고 도가니 표면을 보호합니다.

실용적인 응용 프로그램:

항공 우주 분야에서 초고온 내성 폴리브덴 도가니는 새로운 추진 물질의 연구 개발을 지원합니다.

화학 산업에서 내식성 샘플팬은 용융염 반응의 효율성을 개선하고 생산 위험을 줄입니다.



CTIA GROUP LTD 몰리브덴 도가니

Chapter 11 몰리브덴 도가니 표준물질 및 사양

몰리브덴 도가니는 재료 일관성, 제조 정확도 및 사용 안전성을 보장하기 위해 엄격한 표준 및 사양에 의존합니다. 이 장에서는 몰리브덴 도가니와 관련된 국가 표준(GB), 국제 표준(ISO), 미국 표준(ANSI) 및 기타 국제 및 산업 표준에 대해 자세히 설명하고, 생산, 테스트, 품질 인증 및 수출 규정 준수를 포괄하는 표준 구현 및 인증 요구 사항을 분석하고, 글로벌 권위 있는 표준 및 산업 관행을 참조하고, 포괄적인 기술 지침을 제공합니다.

11.1 국가 표준 (GB)

중국의 국가 표준(GB/T)은 몰리브덴 도가니의 재료, 테스트 및 장비에 대한 세부 사양을 제공하며 국내 생산 및 응용 분야에 널리 사용됩니다.

11.1.1 GB/T 몰리브덴 재료 표준

GB/T 표준은 몰리브덴 및 몰리브덴 합금의 화학적 조성, 기계적 특성, 가공 특성 및 응용 요구 사항을 지정하며 몰리브덴 도가니 제조의 기초입니다.

주요 기준:

GB / T 3462-2017 몰리브덴 바 및 막대 :

내용: 화학 조성(예: $Mo \geq 99.95\%$), 치수 공차, 표면 품질 및 몰리브덴 바 및 막대의 기계적 특성을 지정합니다.

적합성: 도가니를 만드는 데 사용되는 원료로 높은 순도와 일관성을 보장합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

요구 사항: 몰리브덴 바의 표면에는 균열, 산화물 스케일 또는 개재물이 없어야 하며 허용 오차는 마이크론 수준에서 제어되어야 하며 회전 또는 단조에 적합해야 합니다.

GB/T 3876-2017 몰리브덴 및 몰리브덴 합금 판, 스트립 및 호일 :

내용: 몰리브덴 플레이트의 두께, 너비, 표면 거칠기 및 기계적 특성(예: 인장 강도 및 연신율)을 표준화합니다.

응용성: 용접 또는 회전 도가니에 사용되며 특히 벽이 얇은 도가니에 적합합니다.

요구 사항: Ra 판의 표면 거칠기는 $<1.6\mu\text{m}$ 이며 두께 편차가 매우 작아 고정밀 요구 사항을 충족합니다.

GB/T 4182-2017 몰리브덴 분말 :

함량 : 몰리브덴 분말의 입자 크기, 순도, 부피 밀도 및 흐름 특성을 지정합니다.

응용성: 소결 도가니의 고밀도를 보장하기 위해 분말 야금으로 도가니 블랭크를 준비하는 데 사용됩니다.

요구 사항 : 몰리브덴 분말 순도 $>99.95\%$, 매우 낮은 산소 함량, 균일 한 입자 크기.

주요 요구 사항:

화학 성분: 몰리브덴 도가니 재료는 순도가 높아야 하며 불순물(예: Fe, Ni, C, O)의 함량은 고온에서 성능 저하를 방지하기 위해 엄격하게 제어되어야 합니다.

기계적 성질: 고온 인장 강도 및 연성은 결정 성장 또는 제련 환경의 요구 사항을 충족해야 합니다.

표면 품질: 용융물의 오염을 방지하기 위해 도가니의 내부 및 외부 표면이 매끄럽고 결함(예: 긁힘 및 기공)이 없어야 합니다.

실용적인 응용 프로그램:

사파이어 결정 성장에서 GB/T 3462 는 몰리브덴 막대의 고순도를 보장하고 2050°C 의 고온 요구 사항을 충족합니다.

희토류 제련에서는 GB/T 3876 에 따른 몰리브덴 플레이트를 사용하여 용접 품질을 보장하기 위해 도가니를 용접합니다.

11.1.2 테스트 및 평가

GB/T 표준은 제품이 설계 및 응용 프로그램 요구 사항을 충족하는지 확인하기 위해 몰리브덴 도가니의 성능 테스트 및 품질 평가를 위한 자세한 방법을 제공합니다.

시험 방법:

화학 성분 분석: 유도 결합 플라즈마 질량 분석법(ICP-MS) 또는 X 선 형광 분광법(XRF)은 매우 높은 정확도로 몰리브덴 순도 및 불순물 함량을 감지하는 데 사용됩니다.

기계적 성질 시험:

인장 시험(GB/T 228.1): 실온 및 고온(1000-1500°C)에서 인장 강도, 항복 강도 및 연신율을 측정합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

경도 시험(GB/T 231.1): 비커스 경도 시험기를 사용하여 입자 미세화 효과를 반영하여 도가니 재료의 경도를 평가합니다.

미세 구조 분석: SEM(Scanning Electron Microscopy) 및 EBSD(Electron Backscatter Diffraction)를 사용하여 입자 크기와 결함(예: 기공, 개재물)을 검사합니다.

표면 품질 검사: 광학 현미경 또는 레이저 산란 장비를 사용하여 표면 거칠기(Ra)와 결함(예: 긁힘 및 균열)을 검사합니다.

평가 기준:

치수 정확도: 도가니 직경, 높이 및 벽 두께의 공차는 설계 요구 사항을 충족해야 하며 편차는 마이크론 수준에서 제어되어야 합니다.

성능 일관성: 샘플편 배치의 기계적 특성과 화학적 조성은 배치 차이를 최소화하면서 매우 일관되어야 합니다.

고온 안정성: 도가니의 크리프 저항 및 내식성은 1700-2050°C 에서 테스트되어 고장 없이 장기간 사용할 수 있습니다.

품질 관리:

통계적 공정 관리(SPC)를 구현하여 생산 공정의 주요 매개변수(예: 소결 온도 및 회전 압력)를 모니터링합니다.

각 샘플편 배치에는 화학 조성, 기계적 특성 및 표면 품질 데이터를 기록한 테스트 보고서가 수반되어야 합니다.

결함이 있는 제품은 시장에 진입하지 못하도록 격리 및 분석해야 합니다.

실용적인 응용 프로그램:

반도체 실리콘 단결정 생산에서 GB/T 테스트 방법은 도가니 표면에 결함이 없고 고순도 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.

항공우주 고온 합금의 용융에서 고온 인장 시험은 도가니의 크리프 저항을 검증합니다.

11.1.3 장비 사양

GB/T 표준은 생산 공정의 신뢰성과 일관성을 보장하기 위해 몰리브덴 도가니 제조 및 테스트 장비에 대한 명확한 요구 사항을 설정합니다.

제조 설비:

소결로: 진공 소결로는 고온(>2000°C) 및 저압(<10⁻³ Pa) 기능을 갖추고 있어야 하며 정밀한 온도 제어 시스템(±5°C)을 갖추고 있어야 합니다.

방적기: CNC 방적기는 마이크론 수준의 정밀 가공을 지원해야 하며 벽 두께의 균일성을 제어하기 위해 실시간 모니터링 시스템을 갖추고 있어야 합니다.

용접 장비: TIG 용접 또는 전자빔 용접 장비는 용접에 기공이 없고 높은 접착 강도를 보장하기 위해 필요합니다.

시험 장비:

Copyright and Legal Liability Statement

치수 검사: 레이저 거리 측정기 또는 좌표 측정기(CMM)를 사용하여 도가니의 직경, 높이 및 벽 두께를 매우 높은 정밀도로 측정합니다.

표면 검사: 고해상도 광학 현미경과 레이저 산란 기기가 장착되어 표면 거칠기와 미세 균열을 감지합니다.

비파괴 검사: 초음파 검사 장비 또는 와전류 결함 탐상기를 사용하여 도가니의 내부 결함(예: 개재물, 기공)을 확인합니다.

장비 유지 보수:

장비는 정확도 편차가 매우 작은 GB/T 10067(전기 장비 사양)의 요구 사항을 충족하도록 정기적으로 보정됩니다.

장비 작동 중 오염을 방지하기 위해 환경 제어 시스템(예: 클린룸, ISO 7 등급)을 갖추고 있습니다.

장비 작동 로그를 기록하고, 고장 원인을 분석하고, 유지 보수 주기를 최적화합니다.

실용적인 응용 프로그램:

회토류 제련 도가니 생산에서 CNC 방적기는 균일한 벽 두께를 보장하고 GB/T 표준을 충족합니다.

결정 성장 장비에서 초음파 검사는 도가니에 내부 결함이 없는지 확인하여 신뢰성을 향상시킵니다.

11.2 국제 표준 (ISO)

ISO 표준은 폴리브덴 도가니의 성능 테스트, 환경 관리 및 품질 관리를 위해 전 세계적으로 통일된 사양을 제공하며 국제 무역 및 고급 응용 분야에 널리 사용됩니다.

11.2.1 ISO 6892 인장 시험

ISO 6892 표준 시리즈는 금속 재료에 대한 인장 시험 방법을 지정하며 폴리브덴 도가니의 기계적 특성 평가에 적용할 수 있습니다.

표준 내용:

ISO 6892-1: 실온 인장 시험, 시편 준비, 시험 속도 및 데이터 기록 방법을 지정합니다.

ISO 6892-2: 고온 인장 시험(1000-1500°C), 고온 환경에서 폴리브덴 도가니의 성능 시험에 적합합니다.

ISO 6892-3: 특정 조건에서 폴리브덴의 인성을 평가하기 위한 저온 인장 시험.

테스트 요구 사항:

시료 준비: 폴리브덴 도가니 재료는 표면 결함이 없는 표준 시료(예: 실린더 또는 플레이트)로 가공됩니다.

테스트 조건: 고온 테스트는 산화를 방지하기 위해 진공 또는 불활성 분위기에서 수행해야 하며 온도 제어 정확도는 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 입니다.

측정 매개변수: 인장 강도, 항복 강도, 연신율 및 높은 데이터 반복성으로 면적 감소.

적용:

Copyright and Legal Liability Statement

고온 용융(예: 2050°C)에서 몰리브덴 도가니의 기계적 안정성을 확인하는 데 사용됩니다.

도핑된 몰리브덴 도가니(예: Mo-La₂O₃)의 기계적 특성이 순수 몰리브덴보다 우수한지 확인하십시오.

실용적인 응용 프로그램:

사파이어 결정 성장에서 ISO 6892-2 테스트는 도가니가 고온에서 변형되지 않도록 합니다.

항공우주 고온 합금의 용융에서 인장 시험은 도가니의 크리프 저항을 검증합니다.

11.2.2 ISO 14001 환경경영시스템

ISO 14001 은 몰리브덴 도가니 생산을 위한 환경 경영 시스템 프레임워크를 제공하여 환경 영향을 줄이고 지속 가능한 개발을 촉진하는 것을 목표로 합니다.

표준 내용:

환경 정책, 목표 및 계획을 정의하고 생산 시 환경 영향(예: 에너지 소비, 폐가스, 폐수)을 식별합니다.

환경 성과 지표를 수립하고 관리 시스템을 정기적으로 검토하고 개선해야 합니다.

지역 및 국제 환경 규정에 대한 규정 준수 및 준수를 강조합니다.

구현 요구 사항:

에너지 관리: 소결 및 단조 공정을 최적화하고, 에너지 소비를 줄이며, 재생 에너지(예: 태양 에너지)를 사용합니다.

폐기물 처리: 몰리브덴 폐기물 재활용, 로스팅 폐가스(예: SO₂) 및 화학 폐액 처리를 통해 오염 배출을 제로화합니다.

환경 모니터링: 배기 가스 및 폐수 모니터링 장비를 설치하여 배출 데이터를 실시간으로 기록하고 배출 표준을 준수합니다.

직원 교육: 직원 환경 인식을 개선하고 운영이 ISO 14001 요구 사항을 준수하도록 합니다.

적용:

몰리브덴 도가니 제조업체의 친환경 이미지를 향상시키고 고급 고객(예: 반도체 산업)의 환경 보호 요구 사항을 충족합니다.

수출 시장을 지원하고 EU REACH 및 RoHS 규정을 준수합니다.

실용적인 응용 프로그램:

희토류 세련에서 ISO 14001 은 SO₂ 배출을 줄이기 위해 폐가스 처리를 안내합니다.

반도체 산업에서 환경 관리 시스템은 생산 공정이 무공해이고 클린룸 요구 사항을 충족하도록 보장합니다.

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Crucible Introduction

1. Overview of Molybdenum Crucible

Molybdenum crucibles are made of high-purity molybdenum powder through isostatic pressing, high-temperature sintering and precision machining. They have excellent high-temperature strength, corrosion resistance and dimensional stability, making them widely used in sapphire crystal growth, rare earth smelting, glass industry, vacuum coating and high-temperature heat treatment.

2. Advantages of Molybdenum Crucible

Advantages	Description
High temperature resistance	Maintains strength and structural stability up to 1800°C
High purity	Pure materials to avoid impurities contaminating the material or the reaction process
Thermal shock resistance	Low thermal expansion coefficient, not prone to cracking or deformation during heating/cooling
Corrosion resistance	Resistant to corrosion by acids, alkalis, molten metals and glass
Non-magnetic	Diamagnetic material, suitable for magnetron sputtering and high magnetic field equipment
Flexible processing	Supports precision machining of different shapes (cylindrical, square, covered structure, etc.) and sizes

3. Application Fields of Molybdenum Crucible

Application Industry	Usage
Sapphire Industry	As a raw material container in crystal growth furnace
Rare earth and precious metal smelting	Melting active metals such as neodymium, tantalum, platinum, etc. at high temperatures
Vacuum heat treatment	Used in vacuum sintering, annealing and other heat treatment reactors
Coating industry	As evaporation container for target or precursor
Scientific research experiments	Chemical high temperature reaction, high purity material preparation

4. Specifications of Molybdenum Crucible from CTIA GROUP LTD (Customizable)

Outer Diameter (mm)	Height (mm)	Wall Thickness (mm)	Volume (mL)	Remark
50	50	3.0	~100	Commonly used for experimental melting
100	100	5.0	~785	Common Sizes of Sapphire Crystals
150	200	8.0	~3534	Industrial furnace large capacity model

Note: Special forms such as threads and caps can be customized according to customer needs.

5. Purchasing Information

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

Website: www.molybdenum.com.cn

Copyright and Legal Liability Statement

11.2.3 ISO 3452 비파괴 검사

ISO 3452 는 몰리브덴 도가니 표면의 미세 균열 및 결함을 감지하기 위한 침투 탐상 검사(PT) 방법을 지정합니다.

표준 내용:

침투제, 현상제 및 세척제의 선택과 테스트 절차 및 환경 조건을 지정합니다.
감도 수준(1-4)을 포함하여 다양한 정밀도 요구 사항을 가진 도가니에 적합합니다.
검사관은 전문 교육을 받고 ISO 9712(비파괴 검사 인력 인증)를 준수해야 합니다.

테스트 과정:

표면 처리: 도가니 표면은 오일, 스케일 및 거칠기 $Ra < 0.8 \mu m$ 가 없도록 세척됩니다.
침투제 적용: 미세 균열을 덮기 위해 5-30 분의 침투 시간으로 고감도 침투제를 도포합니다.
이미징 및 관찰: 현상액을 사용하여 결함을 표시하고 자외선 또는 백색광과 결합하여 균열 위치 및 형태를 확인합니다.
결과 평가: Crucible 은 결함 크기와 분포에 따라 검증됩니다. 균열 길이가 매우 작으면 수리해야 합니다.

적용:

용접 도가니의 용접 품질을 감지하고 고온에서 균열 전파를 방지하는 데 사용됩니다.
반도체 산업의 청결도 요구 사항을 충족하기 위해 회전 도가니의 표면에 미세 균열이 없는지 확인하십시오.

실용적인 응용 프로그램:

실리콘 단결정 생산에서 ISO 3452 테스트는 실리콘 용융물의 오염을 방지하기 위해 도가니 표면에 결함이 없는지 확인합니다.
항공우주 분야에서는 침투 탐상 검사가 대형 도가니의 용접 무결성을 검증합니다.

11.3 미국 표준 (American Standard)

미국 표준(ASM, ASME)은 몰리브덴 도가니의 재료, 테스트 및 장비에 대한 고정밀 사양을 제공하며 국제 시장에서 널리 사용됩니다.

11.3.1 ASTM B386 몰리브덴 합금

ASTM B386 은 몰리브덴 및 몰리브덴 합금에 대한 국제 권위 있는 표준으로, 도가니 제조를 위한 재료 요구 사항을 다룹니다.

표준 내용:

몰리브덴 및 몰리브덴 합금의 화학적 조성, 기계적 특성 및 가공 특성을 지정합니다(Mo, Mo-La₂O₃, Mo-W).
도가니의 방적, 용접 및 단조에 적합한 플레이트, 바, 호일 및 단조품에 대한 사양이 포함되어 있습니다.
몰리브덴 순도는 >99.95%가 되어야 하며 불순물(예: Fe, Ni 및 C)의 함량은 매우

Copyright and Legal Liability Statement

낮습니다.

주요 요구 사항:

화학적 조성: 몰리브덴 물질은 고온 안정성을 보장하기 위해 스펙트럼 분석을 통해 순도를 검증해야 합니다.

기계적 성질: 고온(1700-2050°C) 요구 사항을 충족하기 위해 인장 강도, 항복 강도 및 연신율을 지정합니다.

표면 품질: 재료 표면에는 균열, 개재물 또는 산화물 층이 없어 고정밀 가공에 적합합니다.

차원 포용력: 판과 막대기의 간격 그리고 직경 포용력은 마이크론 수준에서 통제됩니다.

적용:

사파이어 결정 성장 및 반도체 산업의 엄격한 요구 사항을 충족하는 고성능 몰리브덴 도가니를 제조하는 데 사용됩니다.

도핑된 몰리브덴 도가니(예: Mo-CeO₂)의 재료 선택 및 성능 최적화를 안내합니다.

실용적인 응용 프로그램:

사파이어 결정 성장에서 ASTM B386 은 몰리브덴 플레이트의 고순도 및 기계적 특성을 보장합니다.

희토류 제련에서 표준 사양 몰리브덴 막대는 내식성을 보장하기 위해 도가니를 단조하는 데 사용됩니다.

11.3.2 ASTM E384 경도 시험

ASTM E384 는 몰리브덴 도가니 재료의 경도와 미세 구조를 평가하기 위한 비커스 및 누프 경도 시험 방법을 지정합니다.

표준 내용:

경도 시험을 위한 하중(0.1-10kg), 인덴터 유형(다이아몬드 피라미드) 및 측정 방법을 지정합니다.

실온 및 고온(1000°C) 테스트 조건을 포함하여 몰리브덴 도가니의 성능 평가에 적합합니다.

테스트 표면은 평평해야 하며 거칠기 Ra<0.5µm 와 매우 높은 측정 반복성을 가져야 합니다.

테스트 과정:

시료 준비: 몰리브덴 도가니 소재를 경면 표면으로 연마하고 세척하여 오일과 입자를 제거합니다.

경도 측정: 비커스 경도 시험기를 사용하여 일정한 하중을 가하고 압흔의 대각선 길이를 측정하고 경도 값을 계산합니다.

결과 분석: 서로 다른 영역의 경도 값을 비교하여 결정립 미세화 효과와 재료 균질성을 평가합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

적용:

몰리브덴 도가니의 경도에 대한 도핑 또는 열처리의 효과를 확인하고 내마모성을 반영하는 데 사용됩니다.
소결 온도 및 단조 변형과 같은 Crucible 제조 공정의 최적화를 안내합니다.

실용적인 응용 프로그램:

반도체 산업에서 ASTM E384 테스트는 장기 사용 요구 사항을 충족하기 위해 몰리브덴 도가니의 높은 경도를 보장합니다.
고온 합금 용융에서 경도 시험은 도가니의 변형 방지 성능을 확인합니다.

11.3.3 ASME 고온 용기

ASME 표준은 고온 용기(예: 도가니)의 설계, 제조 및 테스트를 위한 사양을 제공하며 압력 또는 고온 환경에서 몰리브덴 도가니에 사용하기에 적합합니다.

표준 내용:

ASME BPVC Section VIII: Pressure Vessel Design and Fabrication(압력 용기 설계 및 제작)은 재료 선택, 응력 해석 및 안전 계수를 지정합니다.
ASME B31.3: 도가니가 있는 용광로 시스템에 적용할 수 있는 공정 배관 사양.
ASME PTC 19.3: 극한 조건에서 도가니의 안정성을 평가하기 위한 고온 성능 테스트.

주요 요구 사항:

재료 선택: 몰리브덴 도가니는 ASTM B386, 고온 저항 및 내식성을 준수해야 합니다.
설계 검증: 유한 요소 해석(FEA)을 사용하여 고온(>2000°C) 및 열 주기에서 도가니의 응력 분포를 시뮬레이션했습니다.
안전 테스트: 도가니에 균열이나 변형이 없는지 확인하기 위해 압력 테스트 및 열충격 테스트를 수행합니다.

적용:

항공우주 및 원자력 산업에서 사용되는 몰리브덴 도가니는 안전성과 신뢰성을 보장합니다.
복잡한 열장 요구 사항을 충족하기 위해 대형 샘플팬(직경 > 500mm)의 설계에 대한 지침을 제공합니다.

실용적인 응용 프로그램:

항공우주 고온 합금 용융에서 ASME 표준은 도가니의 안전한 작동을 보장합니다.
핵융합 연구에서 표준 도가니 설계는 고온 재료 테스트를 지원합니다.

11.4 기타 국제 및 산업 표준

국가 표준, ISO 및 미국 표준 외에도 기타 국제 및 산업 표준은 특정 시장 및 응용 분야에 적합한 몰리브덴 도가니에 대한 추가 사양을 제공합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

11.4.1 JIS G 0571

일본 산업 표준(JIS G 0571)은 스테인리스강 및 내열 합금에 대한 부식 시험 방법을 지정하며, 이는 폴리브덴 도가니의 내식성 평가에 부분적으로 적용할 수 있습니다.

표준 내용:

침수 테스트 및 전기화학적 테스트 방법을 지정하여 부식성 환경에서 재료의 성능을 평가합니다.

여기에는 산성 용액(예: HNO₃), 용융 금속(예: 네오디뮴) 및 고온 대기 테스트가 포함됩니다.

적용:

희토류 세련, 특히 용융 희토류 금속 환경에서 폴리브덴 도가니의 내식성을 테스트하는 데 사용됩니다.

MoSi₂와 같은 부식 방지 코팅의 성능 검증.

구현 요구 사항:

테스트 환경은 실제 사용 조건(예: 1700°C, 용융 네오디뮴)을 시뮬레이션해야 합니다. 벽 두께 손실, 표면 침식 깊이 및 질량 손실을 측정하여 도가니 수명을 평가합니다.

실용적인 응용 프로그램:

NdFeB 자석 생산에서 JIS G 0571 테스트는 폴리브덴 도가니의 내식성을 보장합니다. 귀금속 정제에서 표준물질은 산성 환경에서 도가니의 안정성을 검증합니다.

11.4.2 DIN EN 10228

독일 표준 DIN EN 10228 은 금속 제품의 비파괴 검사를 규제하며 폴리브덴 도가니의 내부 및 표면 품질 관리에 적용할 수 있습니다.

표준 내용:

초음파 검사(UT), 자분 탐상 검사(MT) 및 와전류 검사(ET) 방법을 포함합니다. 균열 길이 및 기공 크기와 같은 결함에 대한 허용 기준을 지정합니다.

테스트 요구 사항:

초음파 검사: 고주파 프로브(5-10MHz)를 사용하여 매우 높은 감도로 도가니 내부의 개재물과 기공을 확인합니다.

와전류 탐상검사: 표면 및 표면 아래 균열을 감지하여 도가니 용접에 적합합니다.

자기 입자 테스트: 표면 미세 균열을 감지하려면 자화 조건에서 수행해야 합니다.

적용:

대형 폴리브덴 도가니(직경 > 300mm)의 품질 관리를 위해 내부 결함이 없는지 확인합니다.

항공우주 및 원자력 산업의 높은 신뢰성 요구 사항을 충족합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

실용적인 응용 프로그램:

항공우주 고온 합금의 용융 시, DIN EN 10228 은 샘플팬에 내부 결함이 없음을 보장합니다.

반도체 산업에서 와전류 검사는 도가니 표면 품질을 검증하고 용융 오염을 방지합니다.

11.4.3 고스트 17431

러시아 표준 GOST 17431 은 내열 합금의 특성과 시험 방법을 지정하며 고온 환경에서 몰리브덴 도가니의 적용에 적합합니다.

표준 내용:

내열 합금의 화학적 조성, 기계적 성질 및 고온 안정성을 지정합니다.

고온 인장, 크리프 및 피로 시험 방법이 포함됩니다.

테스트 요구 사항:

고온 인장: 1400-1800°C 에서 인장 강도 및 연신율을 시험합니다.

크리프 시험: 고온(1700°C) 및 일정한 응력에서 도가니의 변형 속도를 측정합니다.

피로 테스트: 열 순환 조건을 시뮬레이션하여 도가니의 피로 수명을 평가합니다.

적용:

러시아 시장을 위한 몰리브덴 도가니는 항공 우주 및 에너지 산업의 요구를 충족합니다.

도핑된 몰리브덴 도가니의 성능 최적화를 안내합니다.

실용적인 응용 프로그램:

핵융합 연구에서 GOST 17431 테스트는 몰리브덴 도가니의 크리프 저항을 보장합니다.

고온 합금 용융에서 표준은 도가니의 피로 수명을 확인합니다.

11.5 표준 구현 및 인증

표준의 구현 및 인증은 생산, 테스트, 품질 인증 및 수출 규정 준수를 포함하여 몰리브덴 도가니의 품질 및 시장 경쟁력을 보장하는 데 중요합니다.

11.5.1 생산 및 테스트

표준 구현에서는 제품 일관성과 신뢰성을 보장하기 위해 사양을 생산 및 테스트 프로세스에 통합해야 합니다.

생산 구현:

공정 관리: GB/T 3462 및 ASTM B386 에 따라 고순도 몰리브덴 재료를 선택하고 소결 온도(>2000°C)와 회전 압력을 엄격하게 제어합니다.

장비 교정: 제조 장비(예: 소결로, 방적기)는 GB/T 10067 또는 ISO 10012(측정 관리 시스템)에 따라 정기적으로 교정해야 합니다.

환경 제어: 생산은 입자 오염을 방지하고 SEMI E170 을 준수하기 위해 클린룸(ISO

Copyright and Legal Liability Statement

7)에서 수행됩니다.

테스트 구현:

성능 테스트: 인장 및 경도 테스트는 도가니의 기계적 특성을 확인하기 위해 ISO 6892 및 ASTM E384 에 따라 수행됩니다.

비파괴 검사: ISO 3452 및 DIN EN 10228 을 사용한 칩투 및 초음파 검사는 표면 및 내부 결함이 없음을 보장합니다.

데이터 기록: 샘플편의 각 배치에는 품질 추적성을 지원하기 위해 화학 조성, 치수 정확도 및 성능 데이터를 기록하는 테스트 보고서가 함께 제공됩니다.

품질 관리:

생산 및 테스트 프로세스의 표준화를 보장하기 위해 ISO 9001 품질 관리 시스템을 구현합니다.

SPC(Statistical Process Control)를 사용하여 주요 매개변수를 모니터링하고 부적합 비율을 줄일 수 있습니다.

실용적인 응용 프로그램:

반도체 산업에서 표준화된 생산 및 테스트는 폴리브덴 도가니의 높은 순도와 일관성을 보장합니다.

항공우주 분야에서 비파괴 검사는 도가니의 신뢰성을 보장하고 엄격한 요구 사항을 충족합니다.

11.5.2 품질인증

품질 인증은 폴리브덴 도가니가 표준을 충족하고 시장 신뢰를 향상시킨다는 것을 증명하는 핵심 단계입니다.

인증 유형:

ISO 9001: 회사의 생산 및 서비스 능력을 증명하는 품질 관리 인증.

ISO 14001: 친환경 생산에 대한 의지를 보여주는 환경 경영 인증.

AS 9100 : 항공 우주 응용 분야에 사용되는 폴리브덴 도가니에 대한 항공 우주 품질 관리 인증.

Nadcap: 비파괴 검사 및 열처리를 포괄하는 특수 공정 인증.

인증 프로세스:

문서 준비: 인증 요구 사항에 따라 품질 매뉴얼, 절차 문서 및 표준 운영 절차(SOP)를 준비합니다.

내부 감사: 부적합 사항을 식별하고 수정하기 위해 내부 감사를 수행합니다.

제3자 심사: 현장 심사는 표준 이행을 검증하기 위해 인증 기관(예: SGS 및 TÜV)에서 수행합니다.

지속적인 개선: 지속적인 규정 준수를 보장하기 위해 품질 관리 시스템을 정기적으로 검토하고 업데이트합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

실용적인 응용 프로그램:

사파이어 결정 성장에서 ISO 9001 인증은 도가니 품질에 대한 고객의 신뢰를 높입니다.

항공우주 분야에서 AS9100 인증은 샘플팬이 엄격한 산업 표준을 충족함을 보장합니다.

11.5.3 수출 규정 준수

몰리브덴 도가니의 수출은 제품이 국제 시장에 원활하게 진입할 수 있도록 목표 시장의 표준 및 규정을 준수해야 합니다.

규정 준수 요구 사항:

EU 시장: REACH(화학물질의 등록, 평가 및 승인) 및 RoHS(유해 물질 제한) 지침을 준수하여 재료에 유해 물질이 없음을 확인합니다.

미국 시장: ASTM B386 및 ASME 표준을 준수하고 품질 인증서 및 테스트 보고서를 제공합니다.

일본 시장: 도가니의 내식성을 보장하기 위해 JIS G 0571 을 준수합니다.

러시아 시장: GOST 17431 을 준수하고 고온 성능 데이터를 제공합니다.

인증 및 문서:

화학 성분, 성능 데이터 및 테스트 결과가 포함된 ISO 8000(데이터 품질)에 따른 품질 인증서를 제공합니다.

CE 마크(EU) 또는 UL 인증(미국)을 신청하여 제품 안전성 및 규정 준수를 입증합니다.

국제 무역 요구 사항을 충족하기 위해 수출 적하목록, 상업 송장 및 원산지 증명서를 준비합니다.

리스크 관리:

국제 표준에 대한 업데이트를 모니터링하고 생산 및 테스트 프로세스를 적시에 조정합니다.

현지 대리점 또는 인증 기관과 협력하여 제품이 목표 시장 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.

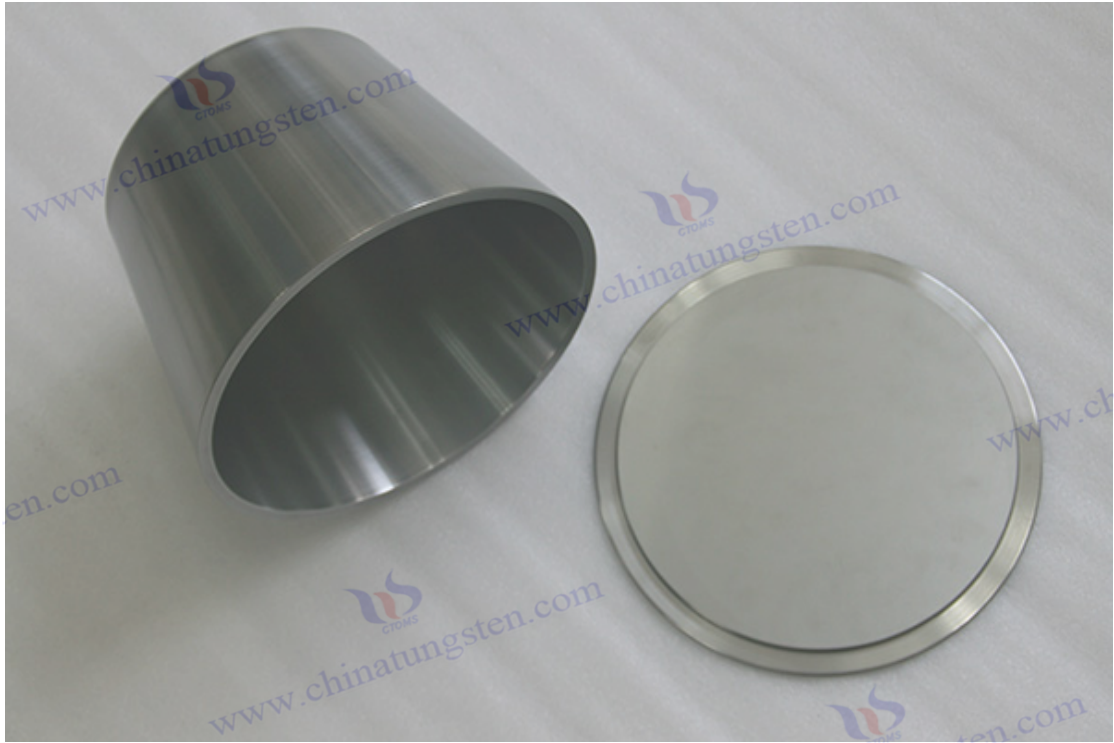
세관 및 규제 문제를 처리할 수출 규정 준수 팀을 구성합니다.

실용적인 응용 프로그램:

유럽으로 수출되는 반도체 산업에서 REACH 는 몰리브덴 도가니에 유해 물질이 없고 시장에 원활하게 진입할 수 있도록 보장합니다.

미국에 수출되는 항공우주 시장에서는 ASTM B386 인증을 획득하여 제품 경쟁력을 높이고 있습니다.

Copyright and Legal Liability Statement



CTIA GROUP LTD 폴리브덴 도가니

부록

A. 용어집

산화 방지 코팅: 고온에서 산화를 방지하고 도가니의 수명을 연장하기 위해 폴리브덴 도가니의 표면에 적용되는 보호층입니다.

폐쇄 루프 재활용: 폐 폴리브덴 도가니를 재활용하고 새로운 도가니 재료로 변환하여 자원 낭비를 줄이는 재활용 프로세스입니다.

초크랄스키 방법(Czochralski Method): 결정 풀링 기술로 단결정(예: 실리콘 및 사파이어)을 성장시키는 방법으로, 용융물을 유지하기 위해 고순도 폴리브덴 도가니를 사용해야 합니다.

플라즈마 스프레이(Plasma Spraying): 고온 플라즈마를 사용하여 내산화성 또는 내식성 재료를 폴리브덴 도가니의 표면에 분사하는 표면 개질 기술입니다.

고온 크리프: 고온(>1500°C) 및 응력에서 폴리브덴 도가니의 느린 변형은 성능 저하로 이어질 수 있습니다.

클린룸: ISO 14644 표준에 따라 폴리브덴 도가니의 포장 및 보관에 사용되는 미립자 물질 및 오염을 제어하는 통제된 환경입니다.

Grain Refinement : 강도와 인성을 향상시키기 위해 도핑 또는 열처리를 통해 폴리브덴 재료의 입자 크기를 줄입니다.

기계적 성질: 인장 강도, 경도 및 연신율과 같은 응력을 받는 재료의 특성은 폴리브덴 도가니의 고온 안정성에 영향을 미칩니다.

나노 구조: 나노 스케일(<100nm)의 입자 또는 코팅 크기를 가진 폴리브덴 재료는 기계적 특성과 내산화성이 우수합니다.

Copyright and Legal Liability Statement

Hot Isostatic Pressing (HIP): 밀도와 균일성을 개선하고 내부 결함을 줄이기 위해 고온 및 고압에서 폴리브덴 도가니를 성형하는 기술입니다.

열장 균일성: 고온 용광로에서 도가니의 온도 분포의 일관성은 결정 성장의 품질에 영향을 미칩니다.

소결 : 고온 가열에 의해 폴리브덴 분말을 도가니 블랭크로 응고시키는 공정으로 일반적으로 진공 또는 수소 분위기에서 수행됩니다.

비파괴 검사(NDT): 초음파 검사 및 침투 탐상 검사와 같이 도가니 구조를 손상시키지 않고 결함을 감지하는 방법입니다.

순환 경제(Circular Economy): 폴리브덴 도가니 폐기물 관리에 적용되는 재활용 및 재사용을 통해 자원의 가치를 극대화하는 경제 모델입니다.

스피닝(Spinning): 폴리브덴 플레이트를 주형과 압력을 회전시켜 도가니로 가공하는 기술로, 벽이 얇고 복잡한 모양의 도가니에 적합합니다.

소결로: 폴리브덴 분말을 저압($<10^{-3}$ Pa)으로 가열하여 고밀도 도가니를 만드는 장비.

도핑: 기계적 성질 또는 내산화성을 향상시키기 위해 폴리브덴에 미량 원소를 추가합니다.

품질 추적성: 고장 분석을 지원하기 위해 생산, 검사 및 사용 데이터를 기록하여 폴리브덴 도가니의 품질을 추적하는 방법입니다.

B. 참조

- [1] 중국텅스텐 온라인. 폴리브덴 도가니의 성능 및 응용. 2020 년 news.chinatungsten.com.
- [2] 위키피디아. 폴리브덴의 열역학적 특성. 2020 년 zh.wikipedia.org.
- [3] 중국 텅스텐 산업 협회. 폴리브덴 도가니의 미세 구조 분석. 2021 년 ctia.com.cn.
- [4] ASM 인터내셔널. 내화 금속 및 합금. 2019 년 asm.org.
- [5] 써모 피셔 사이언티픽. 폴리브덴 물리적 및 화학적 특성. 2022 년 thermofisher.com.
- [6] Chinatungsten 온라인. 도핑된 폴리브덴 도가니의 기술적 이점. 2021 년 www.molybdenum.com.cn.
- [7] 중국 텅스텐 산업 협회. 폴리브덴 도가니 검사 및 고장 분석. 2023 년 ctia.com.cn.
- [8] 위키피디아. 재료 파손 분석. 2021 년 zh.wikipedia.org.
- [9] Chinatungsten 온라인. 폴리브덴 도가니 품질 관리 기술. 2022 년 news.chinatungsten.com.
- [10] ASM 인터내셔널. 내화 금속의 고장 분석. 2021 년 asm.org.
- [11] 써모 피셔 사이언티픽. 폴리브덴에 대한 비파괴 검사. 2023 년 thermofisher.com.
- [12] 재료 과학 저널. 폴리브덴 도가니 고장 메커니즘, 2023.

Copyright and Legal Liability Statement