

텅스텐 막대의 백과 사전

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

저작권 및 법적 책임 선언문

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.



저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD
Tungsten Rods Introduction

1. Overview of Tungsten Rods

Tungsten rods are high-performance metallic bars made from tungsten powder (purity $\geq 99.95\%$) using powder metallurgy processes such as pressing, sintering, and swaging. With their extremely high melting point, excellent mechanical properties, and outstanding chemical stability, tungsten rods are widely used in industrial fields that demand extreme conditions.

2. Characteristics of Tungsten Rods

- ✓ Ultra-high melting point: Up to 3410°C, suitable for extreme high-temperature environments
- ✓ Excellent strength and hardness: Maintains mechanical performance even at temperatures
- ✓ Good thermal and electrical conductivity: Ideal for precision applications in electronics and heating systems
- ✓ High-density material: Suitable for counterweights and radiation shielding
- ✓ Corrosion and wear resistance: Long service life and excellent stability
- ✓ Low thermal expansion coefficient: Suitable for precision structural components

3. The Main Applications Tungsten Rods

- ✓ Aerospace and defense: Rocket nozzles, armor-piercing projectile cores, high-temperature structural parts
- ✓ Electronics industry: Cathodes, heat sinks, electrodes, contact materials
- ✓ High-temperature furnaces and metallurgy: Heating elements for vacuum furnaces, tungsten crucibles, support components
- ✓ Medical technology: Radiation shielding parts, precision surgical instruments
- ✓ Mechanical engineering: Counterweights, mold inserts, vibration dampers
- ✓ Scientific research equipment: Ultra-high temperature reactors, physical property testing components

4. Basic Data of Tungsten Rods

Item	Parameter
Density	19.3 g/cm ³
Hardness (Vickers HV)	340–400 HV
Electrical Conductivity (20°C)	~30% IACS
Thermal Conductivity	~170 W/(m·K)
Coefficient of Thermal Expansion	~4.5 x 10 ⁻⁶ /K
Diameter Range	Ø1.0 mm – Ø100 mm (customizable)
Length Range	100 mm – 1000 mm (up to 2000 mm maximum)
Surface Condition	As-sintered (black), ground, polished

5. Procurement Information

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

Website: www.tungsten.com.cn

저작권 및 법적 책임 선언문

디렉토리

1 장 소개

- 1.1 텅스텐 막대의 정의 및 개요
- 1.2 산업에서 텅스텐 막대의 중요성
- 1.3 역사적 배경과 발전

장 2: 텅스텐 막대의 종류

2.1 텅스텐 막대는 구성에 따라 분류됩니다.

- 2.1.1 순수 텅스텐 막대
- 2.1.2 고순도 텅스텐 막대 ($\geq 99.95\%$)
- 2.1.3 도핑 된 텅스텐 막대 (희토류 도핑, 산화물 도핑)

2.2 텅스텐 막대는 제조 공정에 따라 분류됩니다.

- 2.2.1 소결 텅스텐 막대
- 2.2.2 단조 텅스텐 막대
- 2.2.3 압연 텅스텐 막대
- 2.2.4 텅스텐 막대 그리기
- 2.2.5 압출 텅스텐 막대

2.3 텅스텐 막대는 용도에 따라 분류됩니다.

- 2.3.1 산업용 텅스텐 막대
- 2.3.2 전자 제품용 텅스텐 막대
- 2.3.3 군용 텅스텐 막대
- 2.3.4 기타 특수 목적 텅스텐 막대

2.4 텅스텐 막대는 사양에 따라 분류됩니다.

- 2.4.1 소구경 텅스텐 막대 ($< 5\text{mm}$)
- 2.4.2 중간 직경 텅스텐 막대 ($5\text{--}20\text{mm}$)
- 2.4.3 대구경 텅스텐 막대 ($> 20\text{mm}$)

2.5 텅스텐 막대는 표면 상태에 따라 분류됩니다.

- 2.5.1 검은색 가죽 스틱
- 2.5.2 카트라이트 스틱
- 2.5.3 연마 막대

2.6 특수 텅스텐 막대

- 2.6.1 칼륨 텅스텐 막대
- 2.6.2 토륨 도핑 텅스텐 막대
- 2.6.3 세륨 도핑 텅스텐 막대
- 2.6.4 란타넘 도핑 텅스텐 막대
- 2.6.5 지르코늄 도핑 텅스텐 막대
- 2.6.6 이트륨 도핑 텅스텐 막대
- 2.6.7 복합 희토류 텅스텐 막대

2.7 국제 모델 및 등급 비교

- 2.7.1 순수 텅스텐 막대 등급
- 2.7.2 도핑 된 텅스텐 막대 등급
- 2.7.4 국내외 등급(GB/T, ASTM, ISO)

저작권 및 법적 책임 선언문

3 장 : 텅스텐 막대의 특성

- 3.1 텅스텐 막대의 물리적 특성
 - 3.1.1 텅스텐 막대의 높은 용점
 - 3.1.2 텅스텐 막대의 고밀도
 - 3.1.3 텅스텐 막대의 낮은 열팽창 계수
 - 3.1.4 텅스텐 막대의 열 및 전기 전도성
 - 3.1.5 텅스텐 막대의 낮은 증기압
- 3.2 텅스텐 막대의 화학적 성질
 - 3.2.1 텅스텐 막대의 내식성
 - 3.2.2 텅스텐 막대의 화학적 안정성
 - 3.2.3 텅스텐 막대와 다른 원소의 반응성
- 3.3 텅스텐 막대의 기계적 성질
 - 3.3.1 텅스텐 막대의 고강도 및 경도
 - 3.3.2 텅스텐 막대의 크리프 저항
 - 3.3.3 텅스텐 막대의 인성 및 가공성
- 3.4 텅스텐 막대의 다른 유형의 특성 비교
 - 3.4.1 순수 텅스텐 막대 및 고순도 텅스텐 막대
 - 3.4.2 도핑 된 텅스텐 막대의 특수 특성
- 3.5 CTIA GROUP LTD 의 텅스텐 막대 MSDS

Chapter 4 : 텅스텐 막대의 제조 및 생산 기술

- 4.1 텅스텐 막대 원료 준비
 - 4.1.1 텅스텐 광석의 채굴 및 정제
 - 4.1.2 텅스텐 분말의 제조
 - 4.1.3 합금 원소 및 도펀트의 추가
- 4.2 텅스텐 막대의 분말 야금 기술
 - 4.2.1 분말 혼합 및 압착
 - 4.2.2 고온 소결
 - 4.2.3 소결 텅스텐 막대의 성능 최적화
- 4.3 텅스텐 막대 변형 가공 기술
 - 4.3.1 열간 단조 (해머 단조, 로터리 단조)
 - 4.3.2 열간 압출
 - 4.3.3 롤링
 - 4.3.4 당기기
- 4.4 대규모 텅스텐 막대의 제조
 - 4.4.1 기술적 어려움 및 과제
 - 4.4.2 고밀도 텅스텐 막대의 제조 방법
 - 4.4.3 프로세스 최적화 및 혁신
- 4.5 텅스텐 막대의 후처리 기술
 - 4.5.1 열처리
 - 4.5.2 표면 처리(연마, 청소)
 - 4.5.3 정밀 가공 및 절단
- 4.6 다양한 유형의 텅스텐 막대의 공정 특성

저작권 및 법적 책임 선언문

- 4.6.1 순수 텅스텐 막대 공정
- 4.6.2 고순도 텅스텐 막대 공정
- 4.6.3 도핑 된 텅스텐 막대 공정

5 장 : 텅스텐 막대의 용도

- 5.1 텅스텐 막대의 산업 응용
 - 5.1.1 석영로용 텅스텐 코어 로드
 - 5.1.2 단결정 실리콘 웨이퍼의 제조
 - 5.1.3 희토류 원소 정화
 - 5.1.4 사파이어 크리스탈 용광로용 텅스텐 도가니
- 5.2 텅스텐 막대는 군사 및 국방에 사용됩니다.
 - 5.2.1 철갑 코어
 - 5.2.2 고품발성 텅스텐 막대
- 5.3 텅스텐 막대는 전자 및 조명에 사용됩니다.
 - 5.3.1 텅스텐 필라멘트 (필라멘트, 지지선)
 - 5.3.2 전극 (텅스텐 전극, 희토류 텅스텐 전극)
 - 5.3.3 스퍼터링 타겟
- 5.4 텅스텐 막대는 자동차 및 항공 우주에 사용됩니다.
 - 5.4.1 자동차 자동화 부품
 - 5.4.2 항공우주 고온 부품
- 5.5 텅스텐 막대는 의료 및 과학 연구에 사용됩니다.
 - 5.5.1 의료기기(방사선 차폐)
 - 5.5.2 실험 장비(고온 실험)
- 5.6 텅스텐 막대는 다른 분야에서 사용됩니다.
 - 5.6.1 스포츠 용품 (텅스텐 카바이드 다트)
 - 5.6.2 주얼리 (텅스텐 카바이드 주얼리)
 - 5.6.3 특수 도구 및 금형

Chapter 6 : 텅스텐 막대 생산 설비

- 6.1 텅스텐 막대용 분말 야금 장비
 - 6.1.1 믹서
 - 6.1.2 프레스
 - 6.1.3 고온 소결로
- 6.2 텅스텐 막대 변형 가공 장비
 - 6.2.1 에어 해머 및 전기 유압 해머
 - 6.2.2 로터리 스웨이징 머신
 - 6.2.3 열간 압출기
 - 6.2.4 압연기 및 드로잉 머신
- 6.3 텅스텐 막대의 후 처리 장비
 - 6.3.1 열처리로
 - 6.3.2 연마 및 청소 장비
 - 6.3.3 정밀 가공 장비(선반, 연삭기)
- 6.4 텅스텐 막대의 고급 생산 설비

저작권 및 법적 책임 선언문

- 6.4.1 플라즈마 소결 장비
- 6.4.2 진공 용해로
- 6.4.3 자동 제어 및 모니터링 시스템
- 6.5 텅스텐 막대의 장비 선택 및 유지 보수
- 6.5.1 다양한 유형의 텅스텐 막대에 대한 장비 요구 사항
- 6.5.2 장비 유지 보수 및 수명 관리

Chapter 7: 텅스텐 막대에 대한 국내 및 외국 표준

- 7.1 텅스텐 막대에 대한 국제 표준
 - 7.1.1 ISO 규격 (ISO 24370: 텅스텐 및 텅스텐 합금)
 - 7.1.2 ASTM 규격 (ASTM B777: 고밀도 텅스텐 합금)
 - 7.1.3 RWMA 클래스 13
 - 7.1.4 기타 국제 표준
- 7.2 텅스텐 막대에 대한 중국 표준
 - 7.2.1 GB/T 4187-2017(텅스텐 바에 대한 국가 표준)
 - 7.2.2 GB/T 3459-2017(텅스텐 및 텅스텐 합금 제품)
 - 7.2.3 산업 표준 (YS/T 695-2009: 텅스텐 전극)
- 7.3 텅스텐 막대의 표준 비교 및 적용 가능성
 - 7.3.1 국내 표준과 해외 표준의 차이점
 - 7.3.2 다양한 유형의 텅스텐 막대에 대한 표준 요구 사항
 - 7.3.3 생산 및 테스트를 위한 표준의 지침적 중요성

Chapter 8 텅스텐 막대의 검출

- 8.1 텅스텐 막대 시험의 물리적 특성
 - 8.1.1 텅스텐 막대의 밀도 시험
 - 8.1.2 텅스텐 막대의 경도 시험 (Vickers, Brinell)
 - 8.1.3 텅스텐 막대의 인장 강도 및 인성 시험
 - 8.1.4 텅스텐 막대의 열팽창 및 열전도율 시험
- 8.2 텅스텐 막대의 화학 성분 분석
 - 8.2.1 분광 분석(ICP-MS, XRF)
 - 8.2.2 미량 원소 및 불순물 검출
- 8.3: 텅스텐 막대의 미세 구조 분석
 - 8.3.1 현미경 관찰 (SEM, TEM)
 - 8.3.2 입자 크기 및 미세 구조 균일성
- 8.4 텅스텐 막대의 비파괴 검사
 - 8.4.1 초음파 검사
 - 8.4.2 X-ray 검사
 - 8.4.3 자분 탐상 테스트
- 8.5 텅스텐 막대의 성능 검증
 - 8.5.1 고온 성능 테스트
 - 8.5.2 내식성 시험
 - 8.5.3 전도도 및 크리프 테스트
- 8.6 다양한 유형의 텅스텐 막대 검출의 핵심 포인트

저작권 및 법적 책임 선언문

- 8.6.1 순수 텅스텐 막대 검출
- 8.6.2 고순도 텅스텐 막대 검출
- 8.6.3 도핑 된 텅스텐 막대 검출

Chapter 9: 텅스텐 막대 산업 현황 및 개발 동향

- 9.1 중국 텅스텐 막대 시장 개요
 - 9.1.1 시장 수요 및 공급 분석
- 9.2 국제 텅스텐 막대 시장 개요
 - 9.2.1 주요 수출국·지역
 - 9.2.2 수입 의존도 및 공급망 현황
- 9.3 텅스텐 봉의 기술 개발 동향
 - 9.3.1 신소재 및 합금 기술
 - 9.3.2 친환경 제조 및 에너지 절감 기술
 - 9.3.3 지능적이고 자동화된 생산
- 9.4 텅스텐 막대의 도전과 기회
 - 9.4.1 기술적 병목 현상 및 돌파구
 - 9.4.2 시장경쟁과 세계화
 - 9.4.3 환경 보호 및 지속 가능한 개발을 위한 요구 사항

Chapter 10 결론

- 10.1 텅스텐 막대의 핵심 가치와 응용 전망
- 10.2 텅스텐 봉의 향후 개발 방향
- 10.3 산업 발전을 위한 권장 사항

부록

- A. 용어집
- B. 참조

1 장 소개

1.1 텅스텐 막대의 정의 및 개요

텅스텐 막대는 분말 야금, 단조, 도면 또는 압출 공정을 통해 텅스텐 (화학 원소 기호 W, 원자 번호 74) 또는 그 합금을 주성분으로 만든 막대 모양의 금속 재료입니다. 텅스텐 막대는 매우 높은 용점 (3410 °C), 높은 밀도 (19.25 g / cm³), 우수한 내식성 및 우수한 기계적 강도를 포함하여 우수한 물리적, 화학적 및 기계적 특성으로 알려져 있습니다. 이러한 특성으로 인해 텅스텐 막대는 항공 우주, 전자, 군사, 의료 및 고온 제조와 같은 많은 까다로운 산업 분야에서 없어서는 안될 필수 요소입니다.

텅스텐 막대의 기본 구성

텅스텐 막대는 구성에 따라 순수 텅스텐 막대, 고순도 텅스텐 막대 및 도핑 된 텅스텐 막대의 세 가지 범주로 나눌 수 있습니다.

순수 텅스텐 막대 : 고순도 텅스텐 (순도 $\geq 99.9\%$)을 주성분으로 하여 전자 산업의 진공관 음극, X 선관 타겟 및 고온로 코어 로드와 같은 고온, 고강도 및 내식성 환경에 적합합니다.

고순도 텅스텐 막대 ($\geq 99.95\%$) : 순도가 99.95 % 이상이고 불순물 함량 (<50ppm)이 매우 낮은 텅스텐은 이온 주입 장치 구성 요소 및 스퍼터링 타겟과 같이 높은 청결도와 정밀도가 필요한 반도체, 의료 및 고급 전자 장치 용으로 설계되었습니다.

도핑 된 텅스텐 막대 (희토류 도핑, 산화물 도핑) : 희토류 원소 (예 : 세륨, 란타넘, 이트륨) 또는 산화물 (예 : 토륨 산화물, 지르코니아)을 텅스텐 매트릭스에 첨가하여 아크 안정성, 크리프 저항 및 가공 성능을 향상시키고 용접 전극 (예 : 아르곤 아크 용접 전극) 및 고온로 원소.

텅스텐 막대의 모양과 사양

텅스텐 막대는 마이크론 (예 : 필라멘트 용 인발 텅스텐 막대)에서 수십 밀리미터 (예 : 대규모 산업용 텅스텐 막대)에 이르는 직경으로 다양한 형태로 제공됩니다. 그들의 길이는 종종 몇 센티미터에서 몇 미터에 이르는 응용 프로그램의 요구 사항에 맞게 조정됩니다. 표면 상태는 또한 검은색 막대(산화물 층으로 마감되지 않음), 연마 막대(가공 후 매끄러운 표면) 및 연마 막대(정밀 응용 분야를 위한 매우 높은 표면 마감)를 포함하여 가공 공정에 따라 달라집니다.

텅스텐 막대의 준비 과정

텅스텐 막대는 일반적으로 분말 야금 기술을 사용하여 준비되며 기본 공정에는 다음이 포함됩니다.

텅스텐 분말 준비 : 고순도 텅스텐 분말은 텅스텐 광석 (예 : wolframite 또는 scheelite)에서 정제됩니다.

분말 압착 및 소결 : 텅스텐 분말을 블랭크로 압착하고 고온 (2000-3000 °C)에서 소결하여 조밀 한 소결 텅스텐 막대를 형성합니다.

변형 가공: 재료의 밀도 및 기계적 특성을 향상시키기 위해 열간 단조, 회전 형철, 압연 또는 드로잉에 의한 추가 가공.

저작권 및 법적 책임 선언문

후처리: 특정 응용 프로그램 요구 사항을 충족하기 위한 열처리, 표면 연마 또는 청소를 포함합니다.

텅스텐 막대의 독특한 특성

텅스텐 막대는 특성의 독특한 조합으로 인해 선호됩니다.

높은 용점 : 텅스텐은 모든 금속 중 가장 높은 용점을 가지며 석영로 및 사파이어 결정로와 같은 매우 높은 온도 환경에 적합합니다.

고밀도: 금 밀도에 근접하기 때문에 항공우주 저울과 같은 고품질 평형추가 필요한 영역에서 이점을 얻을 수 있습니다.

내식성 : 텅스텐은 실온에서 대부분의 산 및 염기에 대한 내식성이 우수하며 고온 및 강한 산화 환경 (예 : 질산)에서만 천천히 반응합니다.

기계적 강도 : 텅스텐 막대는 고온에서 여전히 높은 강도와 크리프 저항을 유지하며 장기간 응력을 받는 부품에 적합합니다.

전기 및 열 전도성: 구리와 같은 금속보다 전도성이 낮지만 고온에서의 안정성으로 인해 전극 및 필라멘트에서 우수합니다.

텅스텐 막대의 분류 및 명명법

텅스텐 막대는 종종 구성, 용도 또는 국제 표준에 따라 명명됩니다. 예를 들어:

국제 표준 : ASTM B760 (순수 텅스텐 막대)과 같은.

도핑 된 텅스텐 막대 등급 : AWS A5.12 표준에 따라 WT20 (2 % 토륨 도핑 텅스텐 막대), WL15 (1.5 % 란탄 도핑 텅스텐 막대)와 같은.

GB / T 4187-2017 과 같은 국내 표준은 텅스텐 막대의 화학 성분, 치수 공차 및 성능 요구 사항을 지정합니다. 이러한 명명법 시스템은 글로벌 무역 및 적용을 촉진하여 재료 사양의 균일성과 추적성을 보장합니다.

글로벌 텅스텐 막대 시장 개요

고성능 재료로서, 텅스텐 막대는 글로벌 산업 시스템에서 널리 사용됩니다. 중국은 세계 최대의 텅스텐 자원 및 텅스텐 제품 생산국으로 전 세계 텅스텐 생산량의 80% 이상을 차지하며 주로 미국, 유럽 및 일본으로 수출됩니다. 텅스텐 막대의 생산은 소수의 전문 기업에 집중되어 있으며 시장 수요는 주로 반도체 제조, 신에너지, 항공우주 및 방위 산업에 의해 주도됩니다.

텅스텐 막대는 환경 친화적이며 지속 가능합니다.

텅스텐 막대의 생산에는 텅스텐 광석 채굴 및 고온 가공이 포함되며, 이는 에너지 집약적이며 배기 가스 및 잔류 물을 생성 할 수 있습니다. 최근 몇 년 동안 환경 영향을 줄이기 위해 친환경 제조 기술(예: 저에너지 소결, 폐기물 재활용)이 채택되었습니다. 또한 텅스텐 막대의 높은 내구성과 재활용성으로 인해 수명 주기 동안 지속 가능합니다.

1.2 산업에서 텅스텐 막대의 중요성

텅스텐 막대는 우수한 성능으로 인해 글로벌 산업에서 핵심적인 역할을 하며 반도체

저작권 및 법적 책임 선언문

제조, 항공 우주, 방위, 에너지, 의료 및 조명 산업과 같은 첨단 기술, 까다로운 분야에서 널리 사용됩니다. 그 중요성은 극한 환경의 재료 요구 사항을 충족하는 고유한 특성에 반영되어 기술 진보와 산업 효율성을 주도합니다. 산업에서 텅스텐 막대의 중요성은 여러 관점에서 자세히 논의됩니다.

고온 환경에서의 핵심 응용 분야

텅스텐 막대 (3410 °C)의 높은 용점은 고온 환경에서 대체 할 수 없는 재료입니다. 석영 연속 용융로에서 텅스텐 막대는 광섬유 및 반도체 산업에서 널리 사용되는 고순도 석영 유리 생산을 위해 2000°C 이상의 극한 온도를 견디는 코어 막대로 사용됩니다. 유사하게, 사파이어 결정로에서 텅스텐 막대는 LED 기판 및 광학 창에 사용되는 인공 사파이어 결정의 생산을 위한 도가니 또는 지지체로 가공됩니다. 텅스텐 막대의 크리프 저항은 니켈 및 몰리브덴과 같은 다른 금속 재료와 비교할 수 없는 장기간의 고온 응력 하에서도 구조적 안정성을 보장합니다.

반도체와 전자 산업의 중추

반도체 제조에는 매우 높은 재료 순도와 성능이 필요하며 텅스텐 막대는 이에 중요한 역할을 합니다. 예를 들어, 단결정 실리콘 생산에서 텅스텐 막대는 결정 성장의 안정성과 균일 성을 보장하기 위해 고온로의 발열체 또는 지지 구조로 사용됩니다. 또한, 도핑 된 텅스텐 막대 (예 : 세륨 도핑 또는 란탄 도핑 텅스텐 막대)는 반도체 장비의 정밀 용접을 위한 아르곤 아크 용접 전극으로 널리 사용되며 우수한 아크 안정성과 내마모성으로 용접 품질과 효율성이 향상됩니다. 텅스텐 막대는 또한 집적 회로 및 디스플레이용 박막 층을 제조하기 위해 PVD(Physical Vapor Deposition) 공정에 사용하기 위해 스퍼터링 타겟으로 가공됩니다.

국방 및 군사 분야의 전략 자재

텅스텐 막대의 높은 밀도와 경도는 군사 산업의 전략적 재료가 됩니다. 텅스텐 합금 막대 (예 : 텅스텐 니켈 - 철 합금, 최대 18.5 g / cm³의 밀도)는 높은 운동 에너지와 침투력을 가진 대전차 및 장갑 표적을 공격하기 위한 갑옷 피어싱 코어로 가공됩니다. 또한, 텅스텐 막대는 고밀도 운동 탄두로 "운동 무기"의 개념으로 고안되었으며, 아직 실제로 배치되지는 않았지만 그 잠재력은 미래 군사 기술에서 텅스텐 막대의 중요성을 보여줍니다. 텅스텐 막대의 고온 및 내식성은 또한 미사일 노즐 및 갑옷 부품에 적합합니다.

항공우주 산업을 위한 신뢰할 수 있는 선택

텅스텐 막대는 재료가 무게, 강도 및 고온 저항 측면에서 매우 까다로운 항공 우주 산업에서 널리 사용됩니다. 텅스텐 합금 막대는 정확한 무게 분포와 비행 안정성을 보장, 높은 밀도로 인해 항공기 및 위성의 평형 추로 사용됩니다. 예를 들어, 헬리콥터 로터 및 우주선 자세 제어 시스템에서 텅스텐 막대 평형추는 부피 요구 사항을 크게 줄입니다. 또한, 텅스텐 막대는 로켓 엔진 노즐 라이닝 및 재진입 차량용 열 보호 부품과 같은 고온 부품으로 가공되며, 항 용제 특성은 부품 수명을 연장합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

조명 및 에너지 산업의 핵심 구성 요소

조명 산업에서 텅스텐 막대는 전통적인 백열등 및 할로겐 램프의 핵심 재료입니다. 텅스텐 막대는 필라멘트 (직경이 몇 마이크론만큼 작을 수 있음)로 그려지며 높은 용점과 낮은 증기압으로 인해 고온에서 장기간 빛을 방출하는 필라멘트로 사용됩니다. LED 기술이 점차 전통적인 조명을 대체하고 있지만, 텅스텐 필라멘트는 사진 조명 및 무대 조명과 같은 특수 조명에 여전히 없어서는 안될 필수 요소입니다. 신 에너지 분야에서 텅스텐 막대는 안전성과 실험 정확도를 보장하기 위해 원자로의 제어봉 및 고온 실험 장치에 사용됩니다.

의학 및 과학 분야에 대한 독보적인 기여

텅스텐 막대의 높은 밀도와 방사선 차폐 능력은 의료 분야에서 빛을 받습니다. 텅스텐 합금 막대는 원치 않는 방사선으로부터 환자와 의료진을 보호하기 위해 X 선 또는 감마선을 정확하게 지시하는 데 사용되는 방사선 치료 장비의 시준기 및 차폐로 가공됩니다. 과학 연구 분야에서 텅스텐 막대는 고온 실험로에서 발열체 또는 전극으로 사용되어 재료 과학, 물리학 및 화학 분야의 최첨단 연구를 지원합니다. 예를 들어, 고온 초전도 실험에서 텅스텐 막대의 안정성은 실험 환경의 신뢰성을 보장합니다.

산업 효율성과 혁신 추진

텅스텐 막대의 다양한 응용 분야는 기존의 산업 요구를 충족시킬뿐만 아니라 기술 혁신을 촉진합니다. 예를 들어, 자동차 산업에서 텅스텐 막대는 자동화 된 생산 라인을 위한 내마모성 도구 및 금형을 제조하는 데 사용되어 생산 효율성과 제품 일관성을 향상시킵니다. 스포츠 용품 (예 : 골프 클럽, 다트) 및 보석 산업에서 텅스텐 합금 막대는 고성능 제품에 대한 소비자 요구를 충족시키기 위해 고밀도 및 내마모성으로 인해 정밀 부품으로 가공됩니다. 이러한 새로운 응용 프로그램은 전통 산업과 현대 산업 모두에서 텅스텐 막대의 광범위한 적응성을 보여줍니다.

경제와 공급망의 중요성

희귀 금속 제품으로서 텅스텐 막대는 세계 경제에서 중요한 위치를 차지하고 있습니다. 중국은 세계 최대의 텅스텐 생산국으로 텅스텐 자원 및 제품 시장의 약 80%를 장악하고 있으며 텅스텐 막대의 수출은 국제 공급망에 매우 중요합니다. 텅스텐 막대의 높은 부가가치와 대체 불가능성은 많은 국가의 산업 시스템을 위한 전략적 예비 재료가 됩니다. 예를 들어, 미국과 유럽 연합은 텅스텐을 핵심 광물로 분류하여 방위 및 고급 제조를 지원하기 위한 공급망 보안을 보장합니다.

도전 과제와 계속되는 중요성

텅스텐 막대는 산업에서 없어서는 안될 필수 요소이지만 생산은 높은 에너지 소비, 환경 오염 및 자원 부족과 같은 문제에 직면 해 있습니다. 녹색 제조 기술 및 텅스텐 폐기물 재활용 기술의 개발은 업계의 초점이 되었습니다. 그러나 이러한 과제는 텅스텐 막대의 중요성을 감소시키지 않았지만 미래 산업에서 중심적인 역할을 계속할 수 있도록 하는 기술 발전으로 이어졌습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

1.3 역사적 배경과 발전

현대 산업에서 중요한 재료로서, 텅스텐 막대의 개발 과정은 텅스텐의 발견, 정제 기술 및 산업 응용과 밀접한 관련이 있습니다. 18 세기 후반 텅스텐의 발견부터 21 세기에 텅스텐 막대의 광범위한 사용에 이르기까지 텅스텐 막대의 역사는 재료 과학, 야금 기술 및 산업 요구의 진화를 반영합니다. 다음은 텅스텐 막대의 역사적 배경과 기술 및 응용의 발전 궤적에 대한 자세한 추적입니다.

텅스텐의 발견과 초기 연구

텅스텐의 발견은 스웨덴 화학자 Carl Wilhelm Scheele 이 볼프 램 석을 분석하여 텅스텐 산의 존재를 발견 한 1781 년으로 거슬러 올라갑니다. 1783 년 스페인 형제 후안 호세 (Juan José)와 파우스토 엘 후야르 (Fausto Elhuyar)는 처음으로 텅스텐 산에서 텅스텐을 분리하고 "텅스텐"(스웨덴어로 "무거운 돌"을 뜻)이라고 명명하여 밀도가 높기 때문에 명명했습니다. 초기 텅스텐 연구는 주로 실험실 규모로 제한된 화학적 특성에 중점을 두었으며 텅스텐의 산업 응용은 용점이 높고 가공하기 어렵기 때문에 아직 수행되지 않았습니다.

19 세기 중반, 야금 기술의 발전으로 텅스텐의 잠재적 인 산업 가치가 점차 부상했습니다. 1850 년대에는 텅스텐이 강철의 경도와 내마모성을 향상시키기 위해 합금강 생산에 시도되기 시작했습니다. 그러나 순수한 텅스텐의 정제 및 성형 기술은 아직 미성숙하여 광범위한 적용을 제한합니다.

텅스텐 막대의 초기 산업화

텅스텐 막대의 산업화는 20 세기 초에 시작되었으며 조명 산업의 요구와 밀접한 관련이 있습니다. 1904 년, 헝가리의 엔지니어 산도르 저스트(Sandor Just)와 프란츠 하나만(Franz Hanaman)은 비효율적인 탄소 필라멘트 램프를 대체하기 위해 텅스텐 백열등을 개발했습니다. 텅스텐의 높은 용점과 낮은 증기압으로 인해 이상적인 필라멘트 재료가 되지만 초기 텅스텐 필라멘트는 쉽게 취성되어 막대나 필라멘트로 가공하기 어렵습니다.

1909 년 General Electric 의 William D. Coolidge 는 분말 야금 및 고온 단조 기술을 통해 더 나은 인성을 가진 텅스텐 막대 및 텅스텐 와이어를 생산하기 위해 연성 텅스텐의 제조 공정을 발명했습니다. 이 획기적인 발전으로 텅스텐 막대의 대량 생산이 가능하여 백열등 비용이 크게 절감되고 조명 산업의 혁명을 주도했습니다. Kulich 의 공정은 분말 압착, 소결 및 텍스처링 가공의 핵심 단계를 포함하여 현대 텅스텐 막대 생산의 기초를 형성합니다.

20 세기에 텅스텐 막대의 적용이 확대되었습니다

20 세기 전반기에 텅스텐 막대의 적용은 조명에서 여러 산업 분야로 확장되었습니다.

전자 제품 : 1920 년대에 텅스텐 막대는 진공 및 X 선관 용 음극 및 전극에 사용되었으며 높은 용점과 전기 전도성으로 인해 고온 전자 제품에서 잘 작동했습니다.

군사 산업 : 제 1 차 세계 대전 중 텅스텐은 탱크 갑옷과 포탄의 성능을 향상시키기

저작권 및 법적 책임 선언문

위해 고강도 합금강을 만드는 데 사용되었습니다. 제 2 차 세계 대전 중, 텅스텐 합금 막대는 크게 대전차 무기의 효과를 증가, 갑옷 피어싱 코어로 가공되기 시작했다.
용접 기술 : 1940 년대에는 텅스텐 막대가 아르곤 아크 용접 (TIG 용접) 전극으로 개발되었으며 토륨 도핑 텅스텐 막대 (2 % 산화 토륨 포함)는 우수한 아크 안정성으로 인해 용접 산업의 표준 재료가되었습니다.

이 기간 동안 텅스텐 막대의 생산 기술은 계속 개선되었습니다. 분말 야금 공정의 최적화는 텅스텐 막대의 밀도와 기계적 특성을 향상시키는 반면, 회전 단조 및 인발과 같은 변형 가공 기술의 도입은 텅스텐 막대의 치수 정확도와 표면 품질을 크게 향상시킵니다.

냉전과 텅스텐 막대의 전략적 위치

냉전 기간 동안 텅스텐 막대는 방위 및 항공 우주 부문에서 적용하기 위한 전략적 재료가되었습니다. 1950 년대에서 1970 년대, 텅스텐 합금 막대는 널리 제트 엔진 터빈 블레이드, 미사일 부품 및 우주선 평형추에 사용되었다. 미국과 소련 모두 텅스텐을 핵심 자원으로 나열하고 공급망 보안을 보장하기 위해 비축량을 구축했습니다. 중국의 텅스텐 산업도 이 기간 동안 빠르게 발전하여 풍부한 텅스텐 광석 자원에 의존하여 세계 주요 텅스텐 막대 공급 업체가되었습니다.

1960 년대에는 도핑 된 텅스텐 막대의 연구 개발에서 돌파구가 마련되었습니다. 칼륨 도핑된 텅스텐 막대(WK)는 미량의 칼륨을 첨가하여 고온에서 크리프 저항성을 향상시키며 고온 용광로 요소에 적합합니다. 희토류 텅스텐 막대 (예 : 세륨 도핑, 란타넘 도핑)는 전극의 내구성과 아크 안정성을 향상시켜 약간 방사성 인 토륨 도핑 텅스텐 막대를 점차적으로 대체합니다.

현대 텅스텐 막대 기술과 세계화

21 세기에는 텅스텐 막대의 응용 및 생산 기술이 새로운 단계에 접어들었습니다.

반도체와 새로운 에너지 : 단결정 실리콘, 사파이어 결정 및 박막 태양 전지의 제조에 텅스텐 막대의 사용이 확산되었습니다. 예를 들어, 텅스텐 막대는 고온로 코어 막대 및 스퍼터링 타겟으로 사용되어 반도체 및 태양 광 산업의 급속한 발전을 지원합니다.
녹색 제조 : 환경 보호 요구 사항이 개선됨에 따라 텅스텐 막대 생산은 저에너지 소결 기술 및 폐기물 재활용 공정을 채택하기 시작했습니다. 예를 들어, 폐 텅스텐 막대는 화학적으로 정제되어 텅스텐 분말로 다시 만들어질 수 있어 자원 소비를 줄일 수 있습니다.

새로운 합금 및 도핑: 텅스텐-니켈-구리 합금 막대는 비자성 및 고밀도로 인해 의료 기기에 사용되며 란타넘 도핑된 텅스텐 막대(WL20)는 환경 친화성으로 인해 용접 전극의 주류 선택이 되었습니다.

글로벌 텅스텐 막대 시장은 중국을 중심으로 전 세계 생산량의 80% 이상을 차지합니다. 일부 국제 회사는 고정밀 및 특수 텅스텐 막대 생산에 중점을 둔 고급 텅스텐 막대 시장에 진출해 있습니다. 국제 표준 (예 : ASTM B777, ISO 24370) 및 국내 표준 (예 : GB / T 4187-2017)의 공식화는 텅스텐 막대의 표준화 된 거래를

저작권 및 법적 책임 선언문

촉진했습니다.

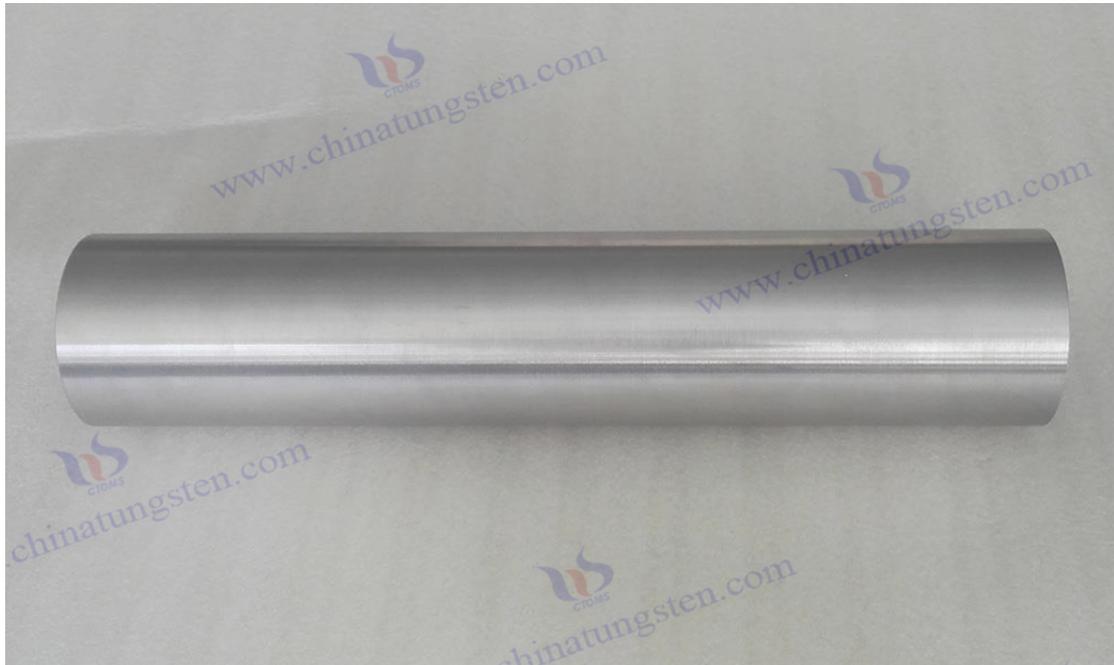
텅스텐 막대 개발의 도전과 미래

텅스텐 막대의 개발은 자원 부족, 환경 압력 및 높은 비용과 같은 문제에 직면 해 있습니다. 텅스텐 채굴로 인한 환경 피해는 국가가 규제를 강화하도록 촉구했으며, 텅스텐의 높은 용점과 높은 경도는 가공 및 에너지 소비의 어려움을 증가시켰다. 앞으로 텅스텐 막대 산업의 발전 방향은 다음과 같습니다.

복잡한 모양의 텅스텐 막대 부품 생산을 위한 플라즈마 소결 및 적층 제조(3D 프린팅)와 같은 새로운 공정.

신소재: 토륨 도핑된 텅스텐 막대를 완전히 대체하기 위해 저독성 도핑된 텅스텐 막대를 개발합니다.

순환 경제: 텅스텐 회수율을 높이고 원광석에 대한 의존도를 줄입니다.



CTIA GROUP LTD 텅스텐 막대

CTIA GROUP LTD
Tungsten Rods Introduction

1. Overview of Tungsten Rods

Tungsten rods are high-performance metallic bars made from tungsten powder (purity $\geq 99.95\%$) using powder metallurgy processes such as pressing, sintering, and swaging. With their extremely high melting point, excellent mechanical properties, and outstanding chemical stability, tungsten rods are widely used in industrial fields that demand extreme conditions.

2. Characteristics of Tungsten Rods

- ✓ Ultra-high melting point: Up to 3410°C , suitable for extreme high-temperature environments
- ✓ Excellent strength and hardness: Maintains mechanical performance even at temperatures
- ✓ Good thermal and electrical conductivity: Ideal for precision applications in electronics and heating systems
- ✓ High-density material: Suitable for counterweights and radiation shielding
- ✓ Corrosion and wear resistance: Long service life and excellent stability
- ✓ Low thermal expansion coefficient: Suitable for precision structural components

3. The Main Applications Tungsten Rods

- ✓ Aerospace and defense: Rocket nozzles, armor-piercing projectile cores, high-temperature structural parts
- ✓ Electronics industry: Cathodes, heat sinks, electrodes, contact materials
- ✓ High-temperature furnaces and metallurgy: Heating elements for vacuum furnaces, tungsten crucibles, support components
- ✓ Medical technology: Radiation shielding parts, precision surgical instruments
- ✓ Mechanical engineering: Counterweights, mold inserts, vibration dampers
- ✓ Scientific research equipment: Ultra-high temperature reactors, physical property testing components

4. Basic Data of Tungsten Rods

Item	Parameter
Density	19.3 g/cm ³
Hardness (Vickers HV)	340–400 HV
Electrical Conductivity (20°C)	~30% IACS
Thermal Conductivity	~170 W/(m·K)
Coefficient of Thermal Expansion	~ 4.5×10^{-6} /K
Diameter Range	Ø1.0 mm – Ø100 mm (customizable)
Length Range	100 mm – 1000 mm (up to 2000 mm maximum)
Surface Condition	As-sintered (black), ground, polished

5. Procurement Information

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

Website: www.tungsten.com.cn

저작권 및 법적 책임 선언문

장 2: 텅스텐 막대의 종류

고성능 금속 재료로서 텅스텐 막대는 우수한 물리적, 화학적 및 기계적 특성으로 인해 산업, 전자, 군사, 의료 및 과학 연구 분야에서 널리 사용됩니다. 구성, 제조 공정, 용도, 사양, 표면 상태, 특수 유형 및 국제 표준에 따라 분류할 수 있는 많은 유형이 있습니다. 이 장에서는 각 텅스텐 막대의 정의, 특성, 생산 공정, 응용 시나리오, 산업 과제 및 개발 동향에 대한 심층적인 논의를 제공하는 체계적이고 포괄적인 분류 프레임 워크를 제공하는 것을 목표로 합니다.

2.1 텅스텐 막대는 구성에 따라 분류됩니다.

텅스텐 막대의 구성은 성능과 적용을 결정하는 핵심 요소입니다. 주요 구성 요소와 추가 요소의 차이에 따라 텅스텐 막대는 순수 텅스텐 막대, 고순도 텅스텐 막대 및 도핑 된 텅스텐 막대의 세 가지 범주로 나눌 수 있습니다. 각각을 자세히 분석해 보겠습니다.

2.1.1 순수 텅스텐 막대

정의 및 개요

순수 텅스텐 막대는 분말, 야금 및 변형 가공 기술을 통해 텅스텐 (순도 보통 $\geq 99.9\%$)을 주성분으로 만든 막대 모양의 재료입니다. 텅스텐 (화학 기호 W, 원자 번호 74)은 매우 높은 용점 ($3410\text{ }^{\circ}\text{C}$), 높은 밀도 (19.25 g/cm^3) 및 우수한 내식성으로 알려져 있으며, 순수한 텅스텐 막대는 고온, 고강도 및 내식성 환경에 이상적입니다. 순수한 텅스텐 막대는 일반적으로 미량의 불순물 (예 : 철, 니켈, 탄소)을 포함하지만 화학적 안정성과 고온 성능을 보장하기 위해 ppm 수준으로 엄격하게 제어됩니다.

특성

물리적 특성 : 텅스텐의 용점은 모든 금속 중에서 가장 높으며 탄소의 승화 점 (약 $3550\text{ }^{\circ}\text{C}$)에 이어 두 번째입니다. 순수한 텅스텐 막대는 금과 비슷한 19.25g/cm^3 의 이론 값에 가까운 밀도를 가지므로 고품질 평형추 응용 분야에 적합합니다. 매우 낮은 열팽창 계수($4.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)는 고온에서 치수 안정성을 보장합니다. 열전도율은 약 $173\text{W/m}\cdot\text{K}$ 이고 전기 전도도는 18% IACS(International Annealed Copper Standard)로 고온 전도성 응용 분야에 적합합니다.

화학적 특성 : 순수한 텅스텐 막대는 실온에서 산, 알칼리 및 대부분의 산화제에 대한 우수한 내식성을 가지고 있습니다. 예를 들어, 염산, 황산 및 불산은 실온에서 거의 영향을 미치지 않으며 고온에서 농축 질산 또는 용융 알칼리에서만 천천히 반응합니다. 낮은 증기압(3000°C 에서 $<10^{-4}\text{ Pa}$)은 진공, 고온 환경에서 탁월합니다.

기계적 특성: 높은 경도(비커스 경도 $350\text{--}450\text{ HV}$), 인장 강도 $700\text{--}1000\text{ MPa}$, 그러나 낮은 인성, 가공 중 미세 균열이 발생하기 쉽습니다. 우수한 크리프 저항, 2500°C 에서 장기 응력, 고온 응력 부품에 적합합니다.

미세 구조 : 입자 크기는 소결 후 $10\text{--}50\text{ }\mu\text{m}$ 이며 변형 후 $5\text{--}20\text{ }\mu\text{m}$ 로 정제하여 다공성을 줄이고 강도를 향상시킬 수 있습니다.

생산 과정

순수한 텅스텐 막대의 생산은 주로 분말 야금 공정을 채택하며 공정은 다음과 같습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

텅스텐 분말의 제조 : 텅스텐 세이트는 볼프 라마이트 (FeMnWO_4) 또는 셀 라이트 (CaWO_4)에서 추출되며, 고순도 텅스텐 분말 (입자 크기 $0.5\text{-}5\ \mu\text{m}$, 순도 $\geq 99.9\%$)은 수소 환원에 의해 제조된다. 환원 공정에는 산화 또는 탄소 오염을 방지하기 위해 제어된 온도($600\text{-}900^\circ\text{C}$)와 대기가 필요합니다.

프레스 : 텅스텐 분말은 $100\text{-}200\ \text{MPa}$ 에서 냉간 등압 프레스 또는 성형에 의해 막대 모양의 블랭크로 형성되며 밀도는 약 $50\text{-}60\%$ 의 이론적 밀도입니다.

소결 : $2000\text{-}2800^\circ\text{C}$ 에서 1-3 시간 동안 수소 보호 용광로 또는 $90\text{-}95\%$ 의 빌릿 밀도로 소결합니다. 소결 온도와 유지 시간은 입자 성장과 다공성 제거의 균형을 맞추기 위해 정밀하게 제어되어야 합니다.

변형: 열간 단조(로터리 또는 해머 스웨이징, $1200\text{-}1500^\circ\text{C}$) 또는 열간 압연으로 기계적 특성을 개선하여 밀도($19.25\text{g}/\text{cm}^3$ 에 가까움)를 높입니다. 로터리 스웨이징은 작은 변형($10\text{-}20\%$)으로 여러 번 통과하여 균열 위험을 줄입니다.

후처리: 내부 응력을 완화하기 위한 어닐링($1000\text{-}1200^\circ\text{C}$), 표면 품질 향상을 위한 선삭 또는 연마, 표면 거칠기는 일반적으로 $Ra\ 1.6\text{-}3.2\ \mu\text{m}$ 로 산업 정밀도 요구 사항을 충족합니다.

적용하다

순수한 텅스텐 막대는 고온 및 고순도 시나리오에서 널리 사용됩니다.

전자 산업 : 진공관 음극, X 선관 타겟 및 방전 처리 (EDM) 전극으로 사용됩니다.

조명 산업: 백열등, 할로겐 램프 및 특수 광원(예: 사진 램프)의 제조를 위해 텅스텐 필라멘트(직경 $0.01\text{-}0.1\text{mm}$)로 인발됩니다.

고온로: 광섬유용 석영 유리를 생산하기 위해 2000°C 이상의 고온을 견딜 수 있는 석영 연속 용융로의 코어 로드로 사용됩니다. 또는 사파이어 결정로 지원으로 LED 기판용 결정을 성장시킵니다.

과학 연구: 고온 초전도 연구의 열원과 같은 고온 실험 장비의 발열체 또는 전극으로 사용됩니다.

항공우주: 위성 자세 제어 시스템에 사용하기 위해 작은 균형추로 가공됩니다.

기타 : 고온 금형 및 유리 성형 금형과 같은 내마모성 도구에 사용됩니다.

도전 과제 및 추세

도전 과제: 인성이 낮고 가공 중 균열이 쉬우며, 특히 직경이 작은 드로잉에서 여러 번의 어닐링이 필요하여 비용이 증가합니다. 진공 소결로와 같은 고온 가공 장비는 에너지를 소비하고 유지 관리가 복잡합니다. 불순물은 제어하기 어려울 수 있으며 미량의 산소나 탄소에 의해 성능이 저하될 수 있습니다.

경향:

플라즈마 소결(SPS) 기술을 사용하여 소결 온도를 1800°C 로 낮추고 에너지를 30% 절감하며 대형 입자를 줄입니다.

나노 스케일 텅스텐 분말 (입자 크기 $< 100\ \text{nm}$)은 소결 밀도를 98% 로 증가시키고 기계적 특성을 향상시키는 데 사용됩니다.

센서를 통해 온도와 대기를 모니터링하여 제품 일관성을 향상시키는 자동 소결 제어 시스템을 개발합니다.

저 산소 텅스텐 분말 (예 : 플라즈마 환원)의 제조 기술은 산소 함량을 10ppm 미만으로 감소시키기 위해 연구되었습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

장점과 단점 :

장점: 극한 환경에 적합한 매우 높은 용점 및 화학적 안정성; 고밀도는 균형추에 적합합니다. 방사성이 없으며 환경 친화적입니다.

단점 : 낮은 인성, 어려운 가공; 특히 고정밀 응용 분야에서 높은 생산 비용.

시장 및 표준

순수 텅스텐 막대는 전 세계 텅스텐 제품 시장의 약 30 %를 차지합니다. ASTM B760, GB/T 4187-2017 및 ISO 24370 을 포함한 표준 준수. 글로벌 순수 텅스텐 막대 시장 규모는 2023 년에 약 10 억 달러였으며 반도체 및 항공 우주 수요에 힘입어 2030 년까지 15 억 달러로 성장할 것으로 예상됩니다.

2.1.2 고순도 텅스텐 막대 (≥99.95 %)

정의 및 개요

고순도 텅스텐 막대는 텅스텐 순도가 99.95 % 이상인 텅스텐 막대를 말하며 불순물 함량 (예 : Fe, Ni, C, O)은 여러 정제 및 특수 공정에 의해 제조 된 50ppm 이하로 제어됩니다. 고순도 텅스텐 막대는 순도 및 청결에 대한 엄격한 요구 사항을 충족하는 반도체, 의료 및 고급 전자 장치용으로 설계되었습니다. 그 특성은 텅스텐의 이론적 한계에 가깝고 클린 룸 및 고정밀 응용 분야에 널리 사용됩니다.

특성

물리적 특성: 밀도 19.2–19.3 g/cm³, 이론적 값에 가까움; 용점은 3410 °C 이고 열팽창 계수는 4.5×10⁻⁶/°C 입니다. 매우 낮은 불순물로 인해 결정 구조가 더 균일하고 표면 품질이 우수합니다.

화학적 성질: 화학적으로 매우 안정적이며 주변 화학 물질과 거의 반응하지 않습니다. 고온에서는 불소 가스 또는 용융 질산나트륨과 같은 강한 산화제로만 천천히 반응합니다. 낮은 증기압은 진공 환경에서 안정성을 보장합니다.

기계적 성질: 미세 입자(5–15µm), 비커스 경도 400–500 HV, 인장 강도 800–1100 MPa. 인성은 여전히 낮고 가공 시 미세 균열을 피해야 합니다.

전기 및 열 전도성 : 저항률은 약 5.3 µΩ·cm 이며, 이는 불순물의 감소로 인해 순수 텅스텐 막대 (5.5 µΩ·cm)보다 약간 우수합니다. 열전도율은 173 W/m·K 로 고온 열전도에 적합합니다.

생산 과정

고순도 텅스텐 막대의 생산은 순수한 텅스텐 막대를 기반으로 정화 및 세척 제어를 추가합니다.

고순도 텅스텐 분말의 제조 : 화학 기상 증착 (CVD) 또는 다중 수소 환원, 불순물 함량이 50ppm 미만으로 감소합니다. 환원로는 질소 및 산소 오염을 방지하기 위해 고순도 수소(99.999%)를 사용합니다.

진공 소결 : 2600–2800 °C 에서 2-4 시간 동안 소결 <1 %의 다공성 초고진공 (10⁻⁵ Pa) 용광로에서 1 %. 진공 환경은 산화물의 형성을 방지합니다.

정밀 가공 : 멀티 패스 로터리 스웨이 징 또는 롤링, 가공 온도 1200-1400 °C, 변형 10-15 %. Ra 1.6–3.2 µm 의 거칠기로 표면 선삭 또는 연마.

품질 관리: ICP-MS(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)를 사용하여 불순물을 검출하고 GD-MS(Glow Discharge Mass Spectrometry)를 사용하여 미량 원소를

저작권 및 법적 책임 선언문

분석했습니다. 표면 오염을 방지하기 위한 클린룸(ISO Class 5) 포장.

적용하다

고순도 텅스텐 막대는 순도와 청결이 중요한 분야에서 사용됩니다.

반도체 산업: 웨이퍼 청결을 보장하기 위해 직경 5-20mm 의 이온 주입 장치(예: 이온 소스 전극)에 사용되는 구성 요소.

스퍼터링 타겟: 집적 회로, OLED 디스플레이 및 태양 전지용 박막층 생산을 위한 PVD(Physical Vapor Deposition)를 위한 타겟(직경 50-100mm)으로 가공됩니다.

의료 기기: 불순물로 인한 방사선 간섭을 줄이기 위한 X 선 및 CT 스캐닝 장비 대상, 직경 10-30mm.

항공 우주: 열전대 보호 슬리브 또는 고온 풍동 테스트 요소와 같은 고온 테스트 장비로 사용되는 정밀 부품.

과학 연구: 입자 가속기 및 플라즈마 연구에서 고순도 전극으로 사용되며 고에너지 환경을 견딥니다.

새로운 응용 분야: 7nm 미만의 칩 제조 요구 사항을 충족하기 위해 EUV(극자외선 리소그래피) 장비 부품에 사용됩니다.

도전 과제 및 추세

도전 과제 : 고순도 텅스텐 분말의 높은 제조 비용, CVD 장비에 대한 대규모 투자; 초고진공 소결은 장비 기밀성 및 안정성에 대한 요구 사항이 매우 높습니다. 클린룸 공정은 운영 비용을 증가시킵니다.

경향:

전해 정화 기술은 CVD 를 대체하고 비용을 절감하기 위해 개발되었으며, 목표 불순물은 20ppm<.

레이저 표면 처리는 표면 품질을 개선하고 기계적 연마에 대한 의존도를 줄이는 데 사용됩니다.

3nm 리소그래피 기계와 같은 차세대 반도체 소자에 사용되는 초고순도 텅스텐(99.9999%)에 대한 연구.

AI 품질 관리 시스템을 도입하여 불순물 및 결정 결함을 실시간으로 모니터링하여 수율을 개선합니다.

장점과 단점 :

장점 : 매우 높은 순도는 안정적인 성능을 보장하며 깨끗한 환경에 적합합니다. 결정은 균질하여 결함을 줄입니다.

단점 : 높은 생산 비용, 어려운 가공; 장비 및 환경에 대한 엄격한 요구 사항.

시장 및 표준

고순도 텅스텐 막대 시장은 고급 제조에 집중되어 있습니다. ASTM B760 고순도 요구 사항, SEMI 표준(반도체 산업) 및 GB/T 4187-2017 을 준수합니다. 글로벌 고순도 텅스텐 막대 시장은 2023 년에 약 3 억 달러에 달하며 주로 반도체 및 태양광 산업이 주도합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

2.1.3 도핑 된 텅스텐 막대 (희토류 도핑, 산화물 도핑)

정의 및 개요

도핑 된 텅스텐 막대는 텅스텐 매트릭스에 소량의 희토류 원소 (예 : 세륨, 란타넘, 이트륨) 또는 산화물 (예 : 토륨 산화물, 지르코니아)을 첨가하여 만든 특수 텅스텐 막대이며 도핑 양은 일반적으로 0.5-2 중량 %입니다. 도핑은 텅스텐의 아크 안정성, 크리프 저항, 가공성 및 전극 수명을 향상시키며 용접 전극, 고온로 부품 및 전자 장치에 널리 사용됩니다. 도핑 된 텅스텐 막대는 맞춤형 특성으로 인해 현대 산업의 핵심 재료가 되었습니다.

특성

물리적 특성: 녹는점과 밀도는 순수한 텅스텐(3410°C, 19.0–19.2g/cm³)에 가깝고 도핑된 원소는 입자(5–15μm)를 미세화하여 균일성을 향상시킵니다.

화학적 성질: 텅스텐의 내식성을 유지하지만 고온 산화 환경에서는 특정 도핑 원소(예: 토륨)가 안정성을 약간 감소시킬 수 있습니다. 산화토륨 도핑은 약간의 방사능을 유발하며 특별한 처리가 필요합니다.

기계적 성질: 결정립 미세화 및 도펀트 강화는 인장 강도(1000–1200 MPa) 및 인성을 개선하고 가공 균열을 줄입니다. 향상된 크리프 저항으로 고온에서 장기간 사용하기에 적합합니다.

전기 및 열 전도성 : 도핑은 저항을 낮추고 (예 : 약 5.0 μΩ · cm 의 토륨 도핑 텅스텐 막대)를 감소시키고 아크 안정성을 향상시킵니다. 열전도율은 순수한 텅스텐보다 약간 낮습니다 (약 160 W / m · K).

주요 유형

희토류 도핑 텅스텐 막대 : 산화 세륨 (CeO₂), 란탄 산화물 (La₂O₃) 또는 산화 이트륨 (Y₂O₃)이 첨가되어 아크 성능 및 내구성을 개선하고 비 방사성을 가지며 환경 보호 요구 사항을 충족합니다.

산화물 도핑 텅스텐 막대 : 고온 성능과 전극 수명을 향상시키기 위해 산화 토륨 (ThO₂) 및 지르코니아 (ZrO₂)가 첨가되고 일부 유형 (예 : 토륨 도핑)이 점차 제거됩니다.

복합 도핑 텅스텐 막대 : 다양한 도펀트 (예 : La₂O₃ + CeO₂)를 결합하여 아크 안정성, 수명 및 연소 저항을 최적화합니다.

칼륨 도핑 텅스텐 막대 : 고온 용광로 용으로 설계된 크리프 저항 향상을 위해 미량의 칼륨 (50–100ppm)을 추가했습니다.

생산 과정

도펀트 첨가 : 텅스텐 분말은 희토류 산화물 또는 금속 염 (예 : 질산 란탄)과 균일하게 혼합되며 볼 밀링 또는 분무 건조는 균일 한 분포를 보장하기 위해 사용됩니다.

프레스 및 소결 : 수소 보호로에서 2300-2600 °C 에서 소결하며, 도펀트가 휘발되는 것을 방지하기 위해 순수한 텅스텐의 소결 온도보다 낮습니다. 소결 후 밀도는 95-98%입니다.

변형 : 로터리 스웨이 징 (1200–1400 °C) 또는 드로잉 (800–1000 °C)으로 막대를 형성하고 가공 균열을 줄이기 위해 도펀트합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

표면 처리: 선삭 또는 광택 처리, 표면 거칠기 Ra 1.6–3.2 μm , 전극 또는 고온 부품용.
품질 관리: XRF(X 선 형광 분광법)는 도펀트 함량을 검출하고, SEM(주사 전자 현미경)은 입자 분포를 분석합니다.

적용하다

용접 전극 : 토륨 도핑 (WT20), 세륨 도핑 (WC20), 란타넘 도핑 (WL20) 텅스텐 막대는 아르곤 아크 용접 (TIG) 및 플라즈마 용접에 사용되며 아크 시작이 빠르고 연소율이 낮습니다.

고온 용광로 요소 : 칼륨 도핑 또는 희토류 도핑 텅스텐 막대는 2500 °C 이상을 견딜 수 있는 진공로 및 수소로의 발열체에 사용됩니다.

전자 제품: 도핑된 텅스텐 막대는 음극선관, 마이크로파 장치 및 레이저의 이미터에 사용됩니다.

항공 우주 : 희토류 텅스텐 막대는 플라즈마 프로펠러 전극과 같은 고온 실험 장비에 사용됩니다.

새로운 응용 분야: 고온 금속 용융물에 대한 내성이 있는 3D 프린팅 금속 장치용 고온 노즐.

도전 과제 및 추세

도전 과제 : 도펀트의 균질성은 제어하기 어렵고 고온 소결은 휘발로 이어질 수 있습니다. 토륨 도핑 텅스텐 막대의 방사능은 그 적용을 제한하고 환경 친화적인 대안을 개발해야 합니다.

경향:

새로운 복합 희토류 도핑(예: $\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3$)의 연구 개발로 종합 성능을 개선하고 목표 수명을 20% 늘립니다.

나노 도핑 기술을 사용하여 도핑량(<0.5 wt%)을 감소시키고 효과를 개선하였다.

EU RoHS 지침과 같은 글로벌 환경 표준을 충족하는 비방사성 고성능 전극 개발.

AI를 사용하여 도핑 제형을 최적화하고 아크 성능과 수명을 예측합니다.

장점과 단점 :

장점 : 순수한 텅스텐보다 나은 맞춤형 성능, 아크 안정성 및 수명; 까다로운 응용 분야에 적합합니다.

단점 : 생산 공정이 복잡하고 비용이 높습니다. 일부 도핑(예: 토륨)에는 환경적 제한이 있습니다.

시장 및 표준

도핑된 텅스텐 막대는 용접 전극 시장의 70 % 이상을 차지합니다. AWS A5.12, YS/T 695-2009 및 ISO 24370 을 준수합니다. 글로벌 도핑 텅스텐 막대 시장은 2023 년에 약 5 억 달러이며 주로 용접 및 항공 우주 산업에 의해 주도됩니다.

2.2 텅스텐 막대는 제조 공정에 따라 분류됩니다.

텅스텐 막대의 제조 공정은 성능, 정확성 및 적용에 상당한 영향을 미칩니다. 다음은 주요 가공 공정의 분류에 따른 텅스텐 막대의 소결, 단조, 압연, 드로잉 및 압출의 특성에 대한 자세한 설명입니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

2.2.1 소결 텅스텐 막대

정의 및 개요

소결 텅스텐 막대는 이론적 밀도가 90-95 %이고 산화물 층 (검은 피부)이있는 거친 표면을 가진 분말 야금에서 가압 및 고온 소결로 직접 형성된 텅스텐 막대입니다. 반제품으로서 소결 텅스텐 막대는 후속 단조, 압연 또는 인발의 기초이며 황삭 또는 고온 응용 분야에 적합합니다.

특성

물리적 특성: 밀도 17.5-18.5g/cm³, 표면 거칠기 Ra 3.2-6.4μm, 흑색 산화물 층.

기계적 특성: 비커스 경도 300-400 HV, 인장 강도 500-800 MPa, 인성 불량, 미세 균열 생성 용이성.

미세 구조: 큰 입자(10-50μm) 및 5-10%의 다공성으로 강도와 전도성에 영향을 미칩니다.

생산 과정

텅스텐 분말 압착 : 고순도 텅스텐 분말 또는 도핑 된 텅스텐 분말을 100-200 MPa 의 막대 블랭크에 냉간 등압 압착합니다.

고온 소결 : 2000-2800 °C 에서 수소 보호로 또는 진공로에서 1-3 시간 동안 소결하여 조밀 한 입자 구조를 형성합니다.

냉각 및 검사: 느린 냉각(10-20°C/min)은 내부 응력, 초음파 다공성 및 균열 감지를 줄입니다.

적용하다

반제품 : 고정밀 텅스텐 막대를 생산하기 위해 단조, 압연 또는 인발 가공.

고온로: 석영로 지지대로 직접 사용되며 2000°C 의 고온을 견딥니다.

EDM: 황삭 후 저정밀도 EDM 전극으로 사용됩니다.

다른: 도가니 지지대와 같은 고온 실험로용 임시 부품.

도전 과제 및 추세

도전 과제: 높은 다공성은 기계적 특성을 제한합니다. 소결의 에너지 소비가 크고 수소 보호는 엄격하게 제어되어야 합니다. 대형 소결 막대는 내부 결함이 발생하기 쉽습니다.

경향:

마이크로파 소결 기술을 사용하여 온도를 1800°C 로 낮추고 에너지를 30% 절약합니다.

밀도를 97%까지 높이기 위해 HIP(Hot Isostatic Pressing) 소결 공정을 개발했습니다.

디지털 트윈 기술을 사용하여 소결 공정을 시뮬레이션하여 온도 및 대기 제어를 최적화합니다.

장점과 단점 :

장점: 간단한 프로세스, 저렴한 비용; 대형 텅스텐 막대에 적합합니다.

단점: 낮은 밀도 및 성능, 낮은 표면 품질, 추가 처리가 필요합니다.

2.2.2 단조 텅스텐 막대

정의 및 개요 단조 텅스텐 막대는 열간 단조 (해머 단조 또는 로터리 스웨이징)에

저작권 및 법적 책임 선언문

의해 변형되어 이론 값 (19.0-19.25 g / cm³)에 가까운 밀도와 기계적 특성이 크게 향상됩니다. 향상된 강도와 크리프 저항을 위해 단조된 미세 입자로 고정밀 및 고강도 응용 분야에 적합합니다.

특성

물리적 특성: 밀도 19.0-19.25g/cm³, 표면 거칠기 Ra 1.6-3.2μm(광을 선회한 후).
기계적 성질 : 입자 크기 5-20 μm, 인장 강도 1000-1400 MPa, 소결 텅스텐 막대보다 약간 우수한 인성.
미세 구조: 강한 입자 방향, <1% 다공성 및 향상된 크리프 저항.

생산 과정

예열 : 소결 텅스텐 막대는 산화를 방지하기 위해 수소 또는 아르곤의 보호 하에서 1200-1500 °C 로 가열됩니다.
열간 단조: 에어 해머 또는 로터리 스웨이징 기계를 사용하여 균열 위험을 줄이기 위해 매번 10-20%의 제어된 변형으로 다중 패스 단조를 수행합니다.
어닐링: 균열 전파를 방지하기 위해 1000-1200°C 에서 응력 제거 어닐링.
표면 처리: 필요한 정밀도 요구 사항을 충족하기 위해 Ra 1.6-3.2 μm 의 표면 거칠기로 선삭 또는 연마됩니다.

적용하다

산업 부품: 석영로 코어 또는 사파이어 수정로 도가니용.
항공우주: 균형추 또는 스테이터 노즐과 같은 고온 부품으로 가공됩니다.
전극 : 고정밀 단조 텅스텐 막대는 플라즈마 절단 및 용접에 사용됩니다.
기타 : 세라믹 소결 금형과 같은 고온 금형에 사용됩니다.

도전 과제 및 추세

도전 과제: 고온 단조에는 특수 장비가 필요합니다. 대구경 막대(>50mm)는 균열이 발생하기 쉽습니다. 단조는 에너지 소비가 높습니다.
경향:
유한 요소 시뮬레이션을 사용하여 단조 매개변수를 최적화하고 결함을 줄일 수 있습니다.
하이브리드 단조-압연 공정을 개발하여 효율성을 높이고 비용을 절감합니다.
유도 가열 기술은 단조 온도를 정확하게 제어하고 20%의 에너지를 절약하는 데 사용됩니다.

장점과 단점 :

장점 : 고밀도 및 기계적 강도; 까다로운 응용 분야에 적합합니다. 입자 세분화는 성능을 향상시킵니다.
단점 : 높은 처리 비용; 엄격한 장비 요구 사항; 큰 사양을 처리하기 어렵습니다.

2.2.3 압연 텅스텐 막대

정의 및 개요

압연 텅스텐 막대는 중소형 (5-20mm) 텅스텐 막대의 대량 생산에 적합한 높은 치수

저작권 및 법적 책임 선언문

정확도와 우수한 표면 품질로 열간 압연 또는 냉간 압연 공정으로 추가 가공됩니다.

특성

물리적 특성: 이론에 가까운 밀도(19.0-19.25g/cm³), 표면 거칠기 Ra 1.6-3.2μm.

기계적 특성: 압연 유도 입자 방향, 인장 강도 1200-1500 MPa, 단조 텅스텐 막대보다 약간 우수한 인성.

미세 구조: 미세하고 균일한 입자 크기(5-15μm), 다공성<1%, 우수한 강도 및 전도성.

생산 과정

예열: 소결 또는 단조 텅스텐 막대는 연성을 향상시키기 위해 1000-1300°C 로 가열됩니다.

열간 압연 : 멀티 패스 압연을 통해 직경이 점차 감소하고 변형이 15-25 %입니다.

냉간 압연 (선택 사항) : 치수 정확도를 향상시키기 위해 작은 직경의 텅스텐 막대의 냉간 압연.

어닐링: 900-1100°C 에서 어닐링하면 가공 경화가 제거됩니다.

적용하다

전자 산업 : 텅스텐 와이어로 그려진 압연 텅스텐 막대, 필라멘트 및 전극 제조.

의료 기기: X 선 표적 또는 방사선 차폐막으로 가공됩니다.

정밀 부품: 금형 및 도구와 같은 고정밀 기계 부품에 사용됩니다.

다른: 열전대 지지와 같은 고온 실험 장비에 사용됩니다.

도전 과제 및 추세

도전 과제: 고가의 압연 장비; 큰 직경 (>20 mm)의 열악한 압연 균일 성; 냉간 압연은 비용을 증가시킵니다.

경향:

연속 압연 라인은 생산 효율성을 30% 향상시키는 데 사용됩니다.

치수 일관성을 보장하기 위해 자동화된 롤링 제어 시스템이 사용됩니다.

장비의 수명을 연장하기 위한 고온 합금 롤 개발.

장점과 단점 :

장점: 높은 치수 정확도, 우수한 표면 품질, 대량 생산에 적합합니다.

단점 : 높은 장비 비용; 중소형 직경으로 제한됩니다. 냉간 압연은 많은 에너지를 소비합니다.

2.2.4 텅스텐 막대 그리기

정의 및 개요

텅스텐 막대를 그리는 것은 텅스텐 와이어 및 정밀 전극에 적합한 높은 표면 품질과 우수한 치수 정확도로 일반적으로 5mm < 다이아몬드 다이를 통해 소결 또는 단조 텅스텐 막대의 직경을 점차적으로 줄이는 드로잉 프로세스입니다.

특성

물리적 특성: 이론에 가까운 밀도(19.2-19.25g/cm³), 표면 거칠기 Ra 1.6-3.2μm.

기계적 성질: 섬유질 결정 구조, 인장 강도 1500-2000 MPa, 낮은 인성.

저작권 및 법적 책임 선언문

미세 구조: 입자는 드로잉 방향을 따라 높은 배향을 가지며 다공성은 0%에 가깝습니다.

생산 과정

블랭크 준비: 단조 또는 압연 텅스텐 막대(직경 5-10mm)를 사용합니다.

드로잉 : 800-1000 ° C 에서 다이아몬드 다이를 통해 드로잉하고 직경을 5-10 % 줄입니다.

윤활 및 어닐링: 응력을 완화하기 위해 흑연 또는 이황화 폴리브텐 및 주기적 어닐링(900-1100°C)으로 윤활합니다.

세척 및 연마: 화학 세척은 윤활제를 제거하고 Ra 1.6-3.2 μm 로 연마합니다.

적용하다

텅스텐 필라멘트 생산 : 특수 광원 용 백열등, 할로겐 램프 및 텅스텐 필라멘트를 만들기 위해 그려진 텅스텐 막대.

용접 전극 : 아르곤 아크 용접 및 플라즈마 용접 전극에 사용되며 치수 정확도가 높습니다.

마이크로일렉트로닉스: 반도체 테스트를 위해 소형 전극 또는 프로브로 가공됩니다.

다른: 레이저 장비용 고정밀 부품.

도전 과제 및 추세

도전 과제: 다이아몬드 다이는 빨리 마모되고 비용이 많이 듭니다. 다중 어닐링은 에너지 소비를 증가시킵니다. 작은 직경의 그림은 깨지기 쉽습니다.

경향:

다결정 다이아몬드(PCD) 금형은 수명을 50% 연장하는 데 사용됩니다.

생산량을 20% 늘리기 위한 연속 인발 공정 개발.

레이저 가열 및 드로잉은 온도를 정밀하게 제어하고 파손을 줄이는 데 사용됩니다.

장점과 단점 :

장점: 극도의 정밀도와 표면 품질; 고강도; 미세 가공에 적합합니다.

단점 : 복잡한 프로세스; 금형의 큰 마모; 작은 직경으로 제한됩니다.

2.2.5 압출 텅스텐 막대

정의 및 개요

압출 텅스텐 막대는 열간 압출 공정으로 형성되며, 이는 우수한 밀도와 강도를 가진 대구경 (>20mm) 또는 복잡한 단면 텅스텐 막대에 적합합니다.

특성

물리적 특성: 밀도 19.0-19.2g/cm³, 표면 거칠기 Ra 1.6-3.2μm(가공 후).

기계적 특성: 인장 강도 1000-1300 MPa, 강한 입자 방향, 우수한 내 충격성.

미세 구조: 균일한 입자(10-20 μm) 및 <2% 다공성으로 고강도 응용 분야에 적합합니다.

생산 과정

빌릿 예열: 소결 빌릿은 1300–1600°C 로 가열되고 수소 또는 아르곤으로 보호됩니다.

열간 압출: 유압 압출기(500–1000 MPa)에 의한 압출.

냉각 및 교정: 냉각 속도(10–20°C/min)를 제어하여 변형을 수정합니다.

표면 처리: Ra 1.6–3.2 μm 로 선삭 또는 연마.

적용하다

항공 우주 : 대구경 압출 텅스텐 막대는 항공기 및 위성 평형추에 사용됩니다.

군사: 갑옷을 관통하는 코어 또는 고밀도 운동 에너지 구성 요소로 처리됩니다.

산업용: 고온 용광로 지지대 및 대형 금형에 사용됩니다.

다른: 원자로 제어봉의 기본 재료로 사용됩니다.

도전 과제 및 추세

도전 과제: 고압 압출에는 대형 장비가 필요합니다. 금형의 심한 마모; 공정 제어는 복잡합니다.

경향:

마모를 30% 줄일 수 있는 세라믹 코팅 금형을 개발했습니다.

시뮬레이션 소프트웨어를 사용하여 압출 매개변수를 최적화하고 수율을 개선할 수 있습니다.

복잡한 형태의 텅스텐 막대를 생산하기 위한 적층 제조와 압출의 조합에 대한 연구.

장점과 단점 :

장점: 큰 사양 및 복잡한 단면에 적합합니다. 높은 밀도와 강도.

단점 : 장비에 대한 많은 투자; 표면 품질은 인발 텅스텐 막대보다 열등합니다. 이 과정은 복잡합니다.

2.3 텅스텐 막대는 용도에 따라 분류됩니다.

텅스텐 막대는 산업, 전자, 군사 및 기타 특수 분야를 포함한 다양한 응용 분야에 사용됩니다. 다음은 자세한 분석입니다.

2.3.1 산업용 텅스텐 막대

정의 및 개요

산업용 텅스텐 막대는 순수한 텅스텐 막대, 텅스텐 합금 막대 및 도핑 된 텅스텐 막대를 포함하여 석영로, 사파이어 결정로 및 희토류 정화 장비와 같은 고온, 고강도 또는 고 내마모성 환경에서 사용됩니다.

특징 & Applications

석영로: 순수한 텅스텐 막대(직경 20-50mm)를 코어 막대로 단조 또는 압출하여 2000°C 이상의 고온을 견디고 광섬유용 석영 유리를 생산합니다.

사파이어 크리스탈 용광로 : 텅스텐 막대는 LED 기관 용 사파이어 결정을 성장시키기 위한 도가니 또는 지지체로 가공됩니다.

희토류 정제 : 텅스텐 막대는 희토류 원소 체련 및 정제를 위한 고온 용기 또는 전극으로 사용됩니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

다이 및 도구 : 텅스텐 합금 막대 (W-Ni-Fe)는 높은 경도와 내마모성으로 인해 스탬핑 다이 및 절삭 공구에 사용됩니다.

기타 : 고온 세라믹 소결로 지지대에 사용됩니다.

생산 및 요구 사항

단조 또는 압출은 고밀도, 표면 거칠기 Ra 1.6-3.2 μm 및 0.1 mm \pm 치수 공차를 보장합니다.

2.3.2 전자 제품용 텅스텐 막대

정의 및 개요

전자 제품 용 텅스텐 막대는 순수 텅스텐 막대, 고순도 텅스텐 막대 및 도핑 된 텅스텐 막대를 포함한 필라멘트, 전극 및 스퍼터링 대상의 제조에 사용됩니다.

특징 & Applications

필라멘트 : 텅스텐 필라멘트는 백열등, 할로겐 램프 및 특수 광원에 사용되는 순수한 텅스텐 막대를 그려서 만듭니다.

전극 : 도핑 된 텅스텐 막대 (예 : WT20, WC20)는 아르곤 아크 용접 및 플라즈마 용접 전극에 사용됩니다.

스퍼터링 타겟 : 고순도 텅스텐 막대는 반도체 및 디스플레이 필름 증착 용 타겟으로 가공됩니다.

진공관 및 X 선관: 고순도 텅스텐 막대는 음극 및 표적에 사용됩니다.

다른: 레이저 이미터용.

생산 및 요구 사항

Ra 1.6-3.2 μm , ASTM B760 및 SEMI 표준에 따른 고순도로 인발 및 연마.

2.3.3 군용 텅스텐 막대

정의 및 개요

군용 텅스텐 막대는 주로 텅스텐 합금 막대이며, 이는 갑옷 피어싱 총알 코어 및 운동 무기와 같은 고밀도 및 고강도 군사 부품에 사용됩니다.

특징 & Applications

갑옷 피어싱 코어: 텅스텐-니켈-철 합금 막대(밀도 18.0-18.5g/cm³)는 관통력이 높은 대전차 탄약용입니다.

운동 무기 : 대구경 텅스텐 합금 막대는 이론적으로 "신의 홀"개념의 무기에 대한 고 운동 탄두에 사용됩니다.

갑옷 부품 : 텅스텐 막대는 미사일 노즐 라이닝 또는 갑옷 보호로 가공됩니다.

다른: 핵무기 부품에 대한 방사선 차폐.

생산 및 요구 사항

압출 또는 단조는 ASTM B777 에 따라 고밀도와 Ra 1.6-3.2 μm 의 표면 거칠기를 보장합니다.

2.3.4 기타 특수 목적 텅스텐 막대

정의 및 개요

다른 특수 목적의 텅스텐 막대에는 방사선 차폐, 실험실 장비 및 스포츠 용품과 같은 의료, 과학 및 소비재가 포함됩니다.

특징 & Applications

의료 : 텅스텐 합금 막대는 X 선 및 CT 장비의 차폐 및 시준기에 사용됩니다.

과학 연구 : 도핑 된 텅스텐 막대는 고온 실험로의 발열체에 사용됩니다.

소비재 : 텅스텐 합금 막대는 다트, 골프 클럽 무게 및 텅스텐 스틸 보석으로 가공됩니다.

다른: 지질 드릴링 공구를 위한 착용 저항하는 부속.

생산 및 요구 사항

응용 분야에 따라 도면, 압출 또는 단조 공정은 Ra 1.6-3.2 μm 의 표면 거칠기로 선택됩니다.

2.4 텅스텐 막대는 사양에 따라 분류됩니다.

텅스텐 막대의 사양은 주로 직경을 기반으로 하며 작은 직경, 중간 직경 및 큰 직경의 세 가지 범주로 나뉩니다.

2.4.1 작은 직경의 텅스텐 막대 (<5mm)

정의 및 개요

작은 직경 (직경 <5mm)의 텅스텐 막대는 높은 치수 정확도와 우수한 표면 품질로 인발 공정으로 준비됩니다.

특징 & Applications

특성: 직경 0.1-5mm, 표면 거칠기 Ra 1.6-3.2 μm , 인장 강도 1500-2000 MPa.

응용 분야 : 텅스텐 필라멘트 원료, 용접 전극, 마이크로 전자 프로브, 레이저 부품.

드로잉 프로세스의 생산은 고정밀 금형과 다중 어닐링이 필요한 주류입니다.

2.4.2 중간 직경 텅스텐 막대 (5-20mm)

정의 및 개요

중간 직경의 텅스텐 막대 (5-20mm)는 강도와 가공성을 모두 제공하기 위해 단조 또는 압연으로 준비됩니다.

특징 & Applications

특성: 밀도 19.0-19.25g/cm³, 표면 거칠기 Ra 1.6-3.2 μm .

응용 분야 : 고온로 부품, 평형추, 용접 전극, 의료 대상.

대량 생산에 적합한 단조 또는 압연 공정의 생산.

저작권 및 법적 책임 선언문

2.4.3 대구경 텅스텐 막대 (>20mm)

정의 및 개요

대구경 텅스텐 막대 (>20mm)는 압출 또는 단조로 준비되며 대형 부품에 적합합니다.

특징 & Applications

특성: 밀도 19.0–19.2g/cm³, 높은 내충격성, 표면 거칠기 Ra 1.6–3.2μm.

응용 프로그램 : 군사 총알 코어, 항공 카운터 웨이트, 대형 금형, 핵 부품.

압출 공정의 생산은 주로 대형 톨수 장비를 기반으로 합니다.

2.5 텅스텐 막대는 표면 상태에 따라 분류됩니다.

표면 상태는 텅스텐 막대의 적용 및 가공성에 영향을 미치며, 이는 검은 색 가죽 막대, 연마 막대 및 연마 막대로 나뉩니다.

2.5.1 검은색 가죽 스틱

정의 및 개요

블랙 스킨 로드는 표면에 산화물 층이 있는 소결 또는 예비 가공된 텅스텐 로드이며 완성되지 않았습니다.

특징 & Applications

특성: 표면 거칠기 Ra 3.2–6.4 μm, 밀도 17.5–18.5 g/cm³.

신청: 연속적인 위조 또는 회전을 위한 대략 완성되는 제품; 고온 용광로 황삭 부품.

생산은 산화물 층을 유지하기 위해 소결 직후 냉각됩니다.

2.5.2 카트라이트 스틱

정의 및 개요

터닝 로드는 터닝 또는 연삭으로 흑피를 제거하고 표면이 매끄럽고 치수 정확도가 높습니다.

특징 & Applications

특성: 표면 거칠기 Ra 1.6–3.2 μm, 치수 허용 오차 ±0.05 mm.

응용 분야 : 용접 전극, 고온로 요소, 정밀 평형추.

선삭 또는 연삭 공정의 생산에는 고정밀 공작 기계가 필요합니다.

2.5.3 연마 막대

정의 및 개요

연마 막대는 미세 연마를 통해 높은 표면 품질을 달성하여 고정밀 및 깨끗한 환경에 적합합니다.

특징 & Applications

특성: 표면 거칠기 Ra 1.6–3.2 μm, 치수 허용 오차 ±0.02 mm.

저작권 및 법적 책임 선언문

응용 분야 : 반도체 장비 전극, 스퍼터링 타겟, 의료 부품.

다이아몬드 회전 스톨 또는 화학 닦기를 사용하는 다 통행 닦기의 생산.

2.6 특수 텅스텐 막대

특수 텅스텐 막대는 특정 응용 분야의 요구 사항을 충족하도록 도핑하거나 최적화 할 수 있습니다.

2.6.1 칼륨 텅스텐 막대

정의 및 개요

칼륨-텅스텐 막대(WK)는 미량의 칼륨(50-100ppm)을 첨가하여 고온에서 크리프 저항을 개선하기 위해 고온 용광로 요소에 사용됩니다.

특징 & Applications

특성: 미세한 입자, 강한 크리프 저항, 20-30% 더 긴 수명.

응용 프로그램: 고열로 발열체, 진공으로 지원.

생산은 텅스텐 분말에 칼륨 염을 첨가하고 소결 한 다음 인발 또는 단조하여 생산됩니다.

2.6.2 토륨 도핑된 텅스텐 막대

정의 및 개요

토륨 도핑 텅스텐 막대 (WT20, 2 % ThO₂ 함유)는 우수한 아크 안정성으로 인해 한때 전극 용접의 표준 재료였습니다.

특징 & Applications

특성: 빠른 아크 시작, 긴 수명, 표면 거칠기 Ra 1.6-3.2 μm, 그러나 약간 방사성.

응용 프로그램: TIG 용접 전극은 점차 환경 친화적 인 전극으로 대체되고 있습니다.

산화토륨은 생산에 첨가되고 소결, 인발 및 성형 후에 첨가됩니다.

2.6.3 세륨 도핑 텅스텐 막대

정의 및 개요

세륨 도핑 텅스텐 막대 (WC20, 2 % CeO₂)는 비 방사성이며 우수한 아크 성능을 가지고 있습니다.

특징 & Applications

특성: 아크 안정성, 낮은 연소 속도, 표면 거칠기 Ra 1.6-3.2 μm, 저전류 용접에 적합합니다.

응용 프로그램: TIG 용접, 플라즈마 용접 전극.

산화세륨은 생산에 첨가되고 소결 된 다음 그려집니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

2.6.4 란타넘 도핑된 텅스텐 막대

정의 및 개요

란타넘 도핑 텅스텐 막대 (1.5-2 % La_2O_3 의 WL15 / WL20)는 환경 친화적인 용접 전극을 위한 첫 번째 선택입니다.

특징 & Applications

특성: 높은 아크 안정성, 긴 수명, 비방사능, 표면 거칠기 Ra 1.6-3.2 μm .
응용 분야 : 고정밀 용접, 반도체 장비 전극.

란타넘 산화물은 생산에 추가되고, 소결된 후에 당겨지거나 닦습니다.

2.6.5 지르코늄 도핑 텅스텐 막대

정의 및 개요

지르코늄 도핑 텅스텐 막대 (WZ8, 0.8 % ZrO_2 함유)는 AC 용접에 적합하며 오염에 대한 내성이 강합니다.

특징 & Applications

특성: 전극 오염에 강하고 알루미늄 및 마그네슘 용접에 적합하며 표면 거칠기 Ra 1.6-3.2 μm .
응용 프로그램: AC TIG 용접 전극.

지르코니아는 생산에 추가되고 소결된 다음 당겨집니다.

2.6.6 이트륨 도핑된 텅스텐 막대

정의 및 개요

이트륨 도핑된 텅스텐 막대 (WY20, 2% Y_2O_3)는 높은 전자 방사율로 인해 특수 용접에 사용됩니다.

특징 & Applications

특성: 높은 전자 방사율, 고주파 용접에 적합, 표면 거칠기 Ra 1.6-3.2 μm .
응용 프로그램: 플라즈마 절단, 특별한 전극.

이트륨 산화물은 생산에 첨가되고 소결된 다음 그려집니다.

2.6.7 복합 희토류 텅스텐 막대

정의 및 개요

복합 희토류 텅스텐 막대는 다양한 희토류 산화물 (예 : La_2O_3 + CeO_2)을 결합하여 포괄적인 성능을 최적화합니다.

특징 & Applications

특성: 우수한 아크 안정성, 수명 및 연소 저항, 표면 거칠기 Ra 1.6-3.2 μm .
응용 분야 : 까다로운 용접, 항공 우주 전극, 3D 프린팅 노즐.

저작권 및 법적 책임 선언문

복합 희토류는 생산에 추가되고 소결 후 인발되거나 연마됩니다.

2.7 국제 모델 및 등급 비교

텅스텐 막대의 종류와 등급은 국제 및 국내 표준을 기반으로 하며 거래 및 적용이 용이합니다.

2.7.1 순수 텅스텐 막대 등급

개요

순수 텅스텐 막대 등급에는 WP (AWS A5.12), W1 (GB / T 4187-2017) 및 ASTM B760 지정 순수 텅스텐 막대가 포함됩니다.

성적 및 요구 사항

WP: $\geq 99.9\%$ 순도, 전극 및 필라멘트 용접에 사용됩니다.

W1: 순도 $\geq 99.95\%$, 불순물은 엄격하게 통제됩니다.

ASTM B760: 순도 및 기계적 특성을 지정합니다.

2.7.2 도핑 된 텅스텐 막대 등급

도핑 된 텅스텐 막대 등급은 AWS A5.12 및 YS / T 695-2009 를 기반으로하며 일반적인 모델은 다음과 같습니다.

WT20: 2% 토륨 도핑, 빨간색 표시, 용접 전극.

WC20: 2% 세륨 도핑, 회색 로고, 환경 친화적인 전극.

WL15/WL20: 1.5-2% 란탄 도핑, 금색 또는 파란색 로고, 고성능 전극.

WZ8: 0.8% 지르코늄 도핑, 흰색 로고, AC 용접.

WY20: 2% 이트륨 도핑, 청록색 로고, 특수 용접.

2.7.3 국내외 등급 비교표 (GB/T, ASTM, ISO)

형	GB/T 표준	ASTM 표준	ISO 표준	AWS A5.12
순수 텅스텐 막대	승 1	ASTM 의 B760	ISO 24370 (표준)	WP (영어)
토륨 도핑된 텅스텐 막대	무게	ASTM 의 B776	ISO 24370 (표준)	WT20
세륨 도핑 텅스텐 막대	화장실	ASTM 의 B776	ISO 24370 (표준)	WC20 시리즈
란타넘 도핑된 텅스텐 막대	WL	ASTM 의 B776	ISO 24370 (표준)	WL15/WL20
지르코늄 도핑 텅스텐 막대	WZ	ASTM 의 B776	ISO 24370 (표준)	WZ8
텅스텐 합금 막대	W-니켈 철/Cu	ASTM 의 B777	ISO 24370 (표준)	-

설명

GB/T 4187-2017 및 YS/T 695-2009 는 중국에서 텅스텐 막대의 화학적 조성 및 특성을

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

규정합니다.

ASTM B760 및 B777 은 순수 텅스텐 및 텅스텐 합금에 대한 국제 표준입니다.

ISO 24370 은 텅스텐 및 텅스텐 합금에 대한 일반 요구 사항을 지정합니다.

AWS A5.12 는 용접 전극용 도핑된 텅스텐 막대의 등급 및 색상 척도를 지정합니다.



CTIA GROUP LTD 텅스텐 막대

3 장 : 텅스텐 막대의 특성

고성능 내화 금속 재료로서 텅스텐 막대는 우수한 물리적, 화학적 및 기계적 특성으로 인해 산업, 전자, 항공 우주, 의료 및 과학 연구 분야에서 광범위한 응용 분야를 가지고 있습니다. 이 장에서는 텅스텐 막대의 물리적 특성(높은 용점, 고밀도, 낮은 열팽창 계수, 열전도율 및 낮은 증기압 포함), 화학적 특성(내식성, 화학적 안정성 및 원소와의 반응성), 기계적 특성(고강도 경도, 크리프 저항, 인성 및 가공성)에 대해 자세히 설명하고 다양한 유형의 텅스텐 막대(순수 텅스텐 막대, 고순도 텅스텐 막대, 도핑 된 텅스텐 막대), 마지막으로 텅스텐 막대의 MSDS (Material Safety Data Sheet) 정보를 제공합니다.

3.1 텅스텐 막대의 물리적 성질

텅스텐 막대의 물리적 특성은 높은 용점, 고밀도, 낮은 열팽창 계수, 우수한 열전도율 및 낮은 증기압을 포함한 극한 환경에서 광범위한 응용 분야의 기초입니다. 이러한 특성으로 인해 텅스텐 막대는 고온, 고하중 및 진공에서 잘 작동합니다.

3.1.1 텅스텐 막대의 높은 용점

텅스텐의 용점은 3410°C 로 모든 금속 중 가장 높으며 탄소의 승화점(약 3550°C)에 이어 두 번째입니다. 이 특성으로 인해 텅스텐 막대는 고온 환경에서 대체 할 수 없는 재료가되어 극한의 열 부하를 견디는 응용 분야에 적합합니다. 텅스텐의 높은 용점은 신체 중심 입방체(BCC) 격자 구조, 높은 원자간 금속 결합 에너지 및 강한 결합력에서 비롯되며, 이를 통해 텅스텐 막대는 용점에 가까운 온도에서 구조적

저작권 및 법적 책임 선언문

안정성을 유지할 수 있습니다.

응용 프로그램 시나리오:

고온로 요소: 텅스텐 막대는 광섬유용 석영 유리를 생산하기 위해 2000–2500°C 의 고온을 견디는 석영로의 코어 로드로 사용됩니다.

사파이어 크리스탈로 : 텅스텐 막대는 최대 2200 ° C 의 작동 온도를 가진 LED 기관용 사파이어 결정의 성장을 위한 도가니 또는 지지체로 사용됩니다.

항공 우주 : 텅스텐 막대는 고온 플라즈마 충격을 견디기 위해 플라즈마 스퍼스터와 같은 고온 스퍼스터의 노즐 라이닝에 사용됩니다.

조명 산업 : 백열등, 할로겐 램프 및 특수 광원에 사용되는 텅스텐 필라멘트로 끌어 들여진 텅스텐 막대는 작동 온도가 2800 ° C 에 도달 할 수 있습니다.

기술적 과제:

고온에서 텅스텐 막대는 용광로 대기(예: 산소 또는 질소)와 소량으로 반응할 수 있으며 수소 또는 진공으로 보호해야 합니다.

높은 용점은 높은 에너지를 소비하고 생산 비용을 증가시키는 특수 고온 장비(예: 진공 소결로)를 필요로 합니다.

고온에서 장기간 작동하면 입자가 성장하고 기계적 특성에 영향을 줄 수 있습니다.

개발 동향:

유도 가열과 불활성 대기를 결합하여 에너지 소비를 줄이고 효율성을 높이는 고급 고온 용광로 설계를 개발합니다.

텅스텐 매트릭스 복합재를 연구하고, 고온 내성 상 (예 : 지르코니아)을 첨가하여 고온 안정성을 더욱 향상 시켰으며, 목표 온도 저항은 최대 3000 ° C 였습니다.

플라즈마 소결(SPS) 기술을 사용하여 소결 온도를 1800°C 로 낮추어 입자 대형화와 에너지 소비를 줄입니다.

3.1.2 텅스텐 막대의 고밀도

텅스텐 막대의 밀도는 이론 값 인 19.25g/cm³에 가까우며 이는 금과 비슷하며 오스뮴 및 이리듐보다 낮습니다. 고밀도는 텅스텐 원자의 촘촘한 패키징과 높은 원자량 (183.84 u)으로 인해 작은 부피로 큰 질량을 제공하여 고품질 평형추 및 방사선 차폐 응용 분야에 적합합니다.

응용 프로그램 시나리오:

항공 우주 평형추 : 텅스텐 막대는 우주 활용과 무게 중심 조정을 최적화하기 위해 위성 또는 드론 평형추로 가공됩니다.

군사 : 텅스텐 합금 막대 (W-니켈 - 철 또는 W - 니켈 - 구리)는 관통 및 운동 에너지를 향상시키기 위해 갑옷 피어싱 총알 코어 또는 운동 무기에 사용됩니다.

의료: 텅스텐 막대는 고에너지 방사선을 흡수하고 작업자를 보호하기 위해 X 선 및 CT 장비를 차폐하는 데 사용됩니다.

소비재 : 텅스텐 합금 막대는 안정성과 느낌을 향상시키기 위해 골프 클럽 무게, 다트 또는 고급 텅스텐 스틸 보석에 사용됩니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

기술적 과제:

고밀도는 가공의 어려움을 증가시키며, 특히 작은 직경의 도면에서 치수 공차를 제어하기 위해 고정밀 장비가 필요합니다.

대형 텅스텐 막대 (직경 > 50mm)는 압출 또는 단조 중 다공성 또는 균열과 같은 내부 결함에 취약합니다.

텅스텐 합금 막대에 니켈, 철 및 기타 원소를 첨가하면 내식성이 저하 될 수 있으며, 합금 비율을 최적화해야 합니다.

개발 동향:

고밀도 텅스텐 매트릭스 복합 재료 (예 : W-Ni-Cu)를 개발하여 밀도와 인성 사이의 균형을 최적화하고 가공성을 향상시킵니다.

3D 프린팅과 같은 적층 제조 기술을 사용하여 복잡한 모양의 평형추를 생산하여 재료 낭비와 처리 비용을 줄입니다.

유한 요소 시뮬레이션은 대형 텅스텐 막대의 단조 및 압출 공정을 최적화하여 내부 결함을 줄이고 수율을 개선하는 데 사용됩니다.

3.1.3 텅스텐 막대의 낮은 열팽창 계수

텅스텐 막대는 $4.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (20-1000 $^{\circ}\text{C}$)의 매우 낮은 열팽창 계수를 가지며 이는 강철($11-13 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) 및 구리($16-18 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)보다 훨씬 낮습니다. 열팽창 계수가 낮기 때문에 텅스텐 막대는 고온에서 우수한 치수 안정성을 유지하고 열 응력 및 변형을 줄이며 고정밀 및 고온 환경에 적합합니다.

응용 프로그램 시나리오:

반도체 장비: 이온 주입 장비 전극에는 고순도 텅스텐 막대가 사용되며 치수 안정성은 웨이퍼 처리 정확도를 보장합니다.

고온로: 텅스텐 막대는 변형 없이 2000 $^{\circ}\text{C}$ 이상의 고온을 견딜 수 있는 석영로 코어 막대 또는 사파이어로 지지대로 사용됩니다.

광학 산업 : 텅스텐 막대는 광학 시스템을 정렬된 상태로 유지하고 열 변형이 광학 경로에 영향을 미치는 것을 방지하기 위해 레이저 장비 구성 요소에 사용됩니다.

항공 우주 : 텅스텐 막대는 열 변형에 저항하고 실험 정확도를 유지하기 위해 고온 풍동 테스트 구성 요소에 사용됩니다.

기술적 과제:

낮은 열팽창 계수와 낮은 인성의 조합으로 인해 텅스텐 막대는 열 충격에 민감하고 급격한 온도 변화로 인해 미세 균열이 발생할 수 있습니다.

고온에서 다른 재료와의 열팽창 불일치는 복합 부품의 성능에 영향을 미치는 계면 응력으로 이어질 수 있습니다.

정밀 가공은 공차 제어를 보장하기 위해 열팽창의 차이를 고려해야 합니다.

개발 동향:

텅스텐 매트릭스 복합재를 조사하여 다른 재료 (예 : 세라믹 또는 합금)와 일치하도록 열팽창 계수를 조정하고 계면 응력을 줄입니다.

유한 요소 시뮬레이션은 구성요소 설계를 최적화하고, 열 응력 분포를 예측하고, 열

저작권 및 법적 책임 선언문

변형의 위험을 줄이는 데 사용됩니다.

텅스텐 막대의 열충격 저항을 향상시키기 위한 고온 코팅 기술(예: 지르코니아 코팅)의 개발.

3.1.4 텅스텐 막대의 열 및 전기 전도성

텅스텐 막대는 약 $173 \text{ W / m} \cdot \text{K}$ (20°C)의 열전도율과 18 % IACS (소둔 구리에 대한 국제 표준, 약 9.8 MS / m)의 전기 전도도로 우수한 열전도율과 적당한 전기 전도성을 갖는다. 이러한 특성은 텅스텐의 금속 결합 구조와 전자 이동도에서 비롯되어 고온 전도성 및 열전도성 응용 분야에 적합합니다. 전도도는 구리 (100 % IACS)보다 낮지만 고온에서 텅스텐 막대의 안정성과 저항 변화율이 낮기 때문에 특정 시나리오에서 유리합니다.

응용 프로그램 시나리오:

전자 제품 : 텅스텐 막대는 진공관 음극, X 선 튜브 타겟 및 방전 가공 (EDM) 전극에 사용되며 전도성과 고온 안정성을 결합합니다.

용접 전극 : 도핑 된 텅스텐 막대 (예 : 세륨 도핑 또는 란탄 도핑)는 아르곤 아크 용접 (TIG) 및 플라즈마 용접에 사용되며 아크 안정성은 전도성에 따라 다릅니다.

고온로 : 텅스텐 막대는 열전도율을 사용하여 열을 빠르게 전달하는 발열체로 사용되며 작동 온도는 2500°C 에 도달 할 수 있습니다.

과학적 연구 : 텅스텐 막대는 고온 초전도 실험의 전극으로 사용되며 전도성 및 고온 저항은 실험의 신뢰성을 보장합니다.

기술적 과제:

전도성은 구리 및 은보다 낮아 저저항 응용 분야에서 텅스텐 막대의 경쟁력을 제한합니다.

저항은 고온(약 $0.004/^\circ \text{C}$)에서 약간 증가하며 이를 보상하기 위해 회로 설계를 최적화해야 합니다.

매우 높은 온도($>2000^\circ \text{C}$)에서는 열전도율이 약간 감소하므로 열 관리 설계를 고려해야 합니다.

개발 동향:

저항을 줄이고 아크 안정성을 향상시키기 위해 도핑 된 텅스텐 막대 (예 : 란타넘 도핑 또는 세륨 도핑)의 개발.

입계 엔지니어링 눈송이를 통해 전도성을 최적화하기 위한 나노 구조 텅스텐 재료 연구.

전도성 코팅(예: 그래핀 코팅)은 특수 전극용 텅스텐 막대 표면의 전도성을 향상시키는 데 사용됩니다.

3.1.5 텅스텐 막대의 낮은 증기압

텅스텐 막대는 고온에서 매우 낮은 증기압 (3000°C 에서 $<10^{-4} \text{ Pa}$)을 가지므로 진공 또는 고온 환경에서 안정적이며 환경을 휘발하거나 오염시키기 쉽지 않습니다. 이 특성은 텅스텐의 높은 융점과 강한 금속 결합 때문이며, 이는 고온에서 원자의 증발을 감소시킵니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD
Tungsten Rods Introduction

1. Overview of Tungsten Rods

Tungsten rods are high-performance metallic bars made from tungsten powder (purity $\geq 99.95\%$) using powder metallurgy processes such as pressing, sintering, and swaging. With their extremely high melting point, excellent mechanical properties, and outstanding chemical stability, tungsten rods are widely used in industrial fields that demand extreme conditions.

2. Characteristics of Tungsten Rods

- ✓ Ultra-high melting point: Up to 3410°C , suitable for extreme high-temperature environments
- ✓ Excellent strength and hardness: Maintains mechanical performance even at temperatures
- ✓ Good thermal and electrical conductivity: Ideal for precision applications in electronics and heating systems
- ✓ High-density material: Suitable for counterweights and radiation shielding
- ✓ Corrosion and wear resistance: Long service life and excellent stability
- ✓ Low thermal expansion coefficient: Suitable for precision structural components

3. The Main Applications Tungsten Rods

- ✓ Aerospace and defense: Rocket nozzles, armor-piercing projectile cores, high-temperature structural parts
- ✓ Electronics industry: Cathodes, heat sinks, electrodes, contact materials
- ✓ High-temperature furnaces and metallurgy: Heating elements for vacuum furnaces, tungsten crucibles, support components
- ✓ Medical technology: Radiation shielding parts, precision surgical instruments
- ✓ Mechanical engineering: Counterweights, mold inserts, vibration dampers
- ✓ Scientific research equipment: Ultra-high temperature reactors, physical property testing components

4. Basic Data of Tungsten Rods

Item	Parameter
Density	19.3 g/cm ³
Hardness (Vickers HV)	340–400 HV
Electrical Conductivity (20°C)	~30% IACS
Thermal Conductivity	~170 W/(m·K)
Coefficient of Thermal Expansion	~ 4.5×10^{-6} /K
Diameter Range	Ø1.0 mm – Ø100 mm (customizable)
Length Range	100 mm – 1000 mm (up to 2000 mm maximum)
Surface Condition	As-sintered (black), ground, polished

5. Procurement Information

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

Website: www.tungsten.com.cn

저작권 및 법적 책임 선언문

응용 프로그램 시나리오:

진공로 : 텅스텐 막대는 재료 휘발 및 용광로 환경 오염을 방지하기 위해 진공 고온로의 발열체 또는 지지대로 사용됩니다.

반도체 제조 : 고순도 텅스텐 막대는 이온 주입 장비 및 스퍼터링 타겟에 사용되며 낮은 증기압은 무공해 클린 룸 환경을 보장합니다.

항공 우주 : 텅스텐 막대는 장기적인 안정성을 유지하기 위해 플라즈마 연구 장치와 같은 고온 진공 실험 장비에 사용됩니다.

전자 제품: 텅스텐 막대는 진공 전자관(예: X 선관)에 사용되어 고온에서 재료 휘발이 성능에 영향을 미치는 것을 방지합니다.

기술적 과제:

산소나 탄소와 같은 미량 불순물은 증기압을 증가시킬 수 있으며 원료 순도를 엄격하게 제어해야 합니다.

진공 시스템은 초고진공(10^{-5} Pa 미만)이 필요하며, 이를 위해서는 장비의 높은 기밀성이 필요합니다.

고온에서 장기간 작동하면 표면이 산화될 수 있으므로 보호 분위기 또는 코팅이 필요합니다.

개발 동향:

초고순도 텅스텐(99.9999%)을 개발하여 증기압을 더욱 저감하고 차세대 반도체의 요구를 충족시켰습니다.

표면 증발을 줄이기 위해 고온 산화 방지 코팅(예: SiC 또는 Al_2O_3)을 연구하십시오. 저온 플라즈마 소결과 결합된 진공로 설계를 최적화하여 작동 온도를 낮춥니다.

3.2 텅스텐 막대의 화학적 성질

텅스텐 막대의 화학적 특성에는 우수한 내식성, 화학적 안정성 및 제한된 원소 반응성이 포함되어 있어 가혹한 화학 환경에서 우수하고 광범위한 산업 및 과학 응용 분야에 적합합니다.

3.2.1 텅스텐 막대의 내식성

텅스텐 막대는 실온에서 산, 알칼리 및 대부분의 산화제 (예 : 염산, 황산, 불산 등)에 대한 내식성이 우수하며 고온 농축 질산 또는 용융 알칼리 (예 : 수산화 나트륨)에서만 천천히 반응합니다. 내식성은 텅스텐 표면에 형성된 조밀한 산화물 층 (WO_3)으로 인해 발생하며, 이는 외부 화학 물질을 효과적으로 분리합니다.

응용 프로그램 시나리오:

화학 산업 : 텅스텐 막대는 전기 화학 처리 장비와 같은 부식 방지 전극 또는 용기에 사용됩니다.

고온로 : 텅스텐 막대는 수소 또는 불활성 대기에서 발열체로 사용되며 부식성 가스에 강합니다.

의료 장비 : 텅스텐 막대는 고온 산화 환경에 저항하기 위해 X 선 장비의 표적으로 사용됩니다.

해양 : 텅스텐 합금 막대는 염수 분무 부식에 강한 해수 환경에서 평형추로

저작권 및 법적 책임 선언문

사용됩니다.

기술적 과제:

산화물 층은 고온에서 두꺼워지거나 벗겨질 수 있으므로 보호 분위기(예: 수소 또는 아르곤)가 필요합니다.

왕수와 같은 특정 강력한 산화제는 고온에서 텅스텐 막대를 부식시켜 적용 범위를 제한할 수 있습니다.

텅스텐 합금 막대에 니켈 또는 철을 첨가하면 내식성이 저하 될 수 있으며 합금 비율을 최적화해야 합니다.

개발 동향:

고온 내식성을 향상시키기 위한 내식성 코팅(예: 지르코니아 또는 질화규소)의 개발. 성능을 향상시키기 위해 크롬과 같은 부식 방지 요소를 첨가 한 텅스텐 매트릭스 복합 재료에 대한 연구.

표면 처리 공정(예: 플라즈마 스프레이)을 최적화하여 더 조밀한 보호층을 만듭니다.

3.2.2 텅스텐 막대의 화학적 안정성

텅스텐 막대는 주변 온도 및 중간 온도 (<math><500\text{ }^\circ\text{C}</math>)에서 화학적으로 안정하며 산소, 질소 또는 기타 일반 가스와 사실상 반응하지 않습니다. 고온 (>math>1000\text{ }^\circ\text{C}</math>)에서 텅스텐 막대는 산소와 함께 WO_3 를 천천히 형성하거나 탄소 및 질소와 함께 경질 화합물 (예 : WC, WN)을 형성 할 수 있지만 반응 속도가 낮고 특정 조건에 의해 트리거되어야 합니다.

응용 프로그램 시나리오:

진공 환경 : 텅스텐 막대는 진공로의 발열체에 사용되며 화학적 안정성은 오염없이 장기간 작동을 보장합니다.

반도체 제조: 고순도 텅스텐 막대는 웨이퍼 오염으로 인한 화학 반응을 방지하기 위해 이온 주입 장치에 사용됩니다.

고온 실험 : 텅스텐 막대는 고온 초전도 또는 플라즈마 연구에 사용되어 화학적으로 불활성을 유지합니다.

전자 제품 : 텅스텐 막대는 화학 반응이 성능에 영향을 미치는 것을 방지하기 위해 진공관의 음극에 사용됩니다.

기술적 과제:

고온에서 산소 또는 탄소와 미량 반응은 표면 열화를 유발할 수 있으므로 엄격한 대기 제어가 필요합니다.

산화토륨과 같은 텅스텐 막대에 첨가제를 도핑하면 화학적 안정성이 감소하고 제형의 최적화가 필요할 수 있습니다.

고온에서 장기간 작동하면 표면 화합물이 축적되어 전도성에 영향을 줄 수 있습니다.

개발 동향:

초고순도 텅스텐(99.999%)은 불순물로 인한 화학 반응을 줄이기 위해 개발되었습니다. 화학 기상 증착(CVD) 코팅은 안정적인 보호층을 형성하고 수명을 연장하는 데

저작권 및 법적 책임 선언문

사용됩니다.

고온에서 표면 손상을 자동으로 복구하는 자가 치유 코팅 기술에 대한 연구.

3.2.3 텅스텐 막대와 다른 원소의 반응성

텅스텐 막대는 실온에서 다른 원소와의 반응성이 매우 낮으며 특정 고온 조건에서 산소, 탄소, 질소, 불소 및 기타 원소와의 반응이 제한적입니다. 예를 들어, WO₃는 1000 °C 에서 산소로, 텅스텐 카바이드 (WC)는 >1500 °C 에서 탄소로, 질화 텅스텐 (WN)은 >2000 °C 에서 질소와 함께 형성됩니다. 이러한 반응은 높은 에너지 활성화를 필요로 하며 반응 생성물은 일반적으로 고 경도 화합물이며, 그 중 일부는 텅스텐 막대의 특성을 향상시키는 데 사용할 수 있습니다.

응용 프로그램 시나리오:

하드 코팅 : 텅스텐과 탄소의 반응성을 사용하여 텅스텐 막대 표면에 WC 코팅을 형성하여 내마모성을 향상시킵니다.

고온 실험 : 텅스텐 막대는 탄소 또는 질소와의 반응을 제어하기 위해 불활성 분위기의 고온 반응기에 사용됩니다.

용접 전극 : 도핑 된 텅스텐 막대는 아크의 안정성을 유지하기 위해 고온 아크에서 산소와 반응합니다.

화학 산업 : 텅스텐 막대는 특정 가스에 의한 부식에 저항하기 위해 특수 화학 반응 용기에 사용됩니다.

기술적 과제:

고온 반응은 텅스텐 막대의 표면 특성을 변화시키고 전기 또는 열 전도성에 영향을 줄 수 있습니다.

반응 생성물(예: WO₃)은 표면 품질을 저하시킬 수 있으며 정기적으로 세척하거나 보호해야 합니다.

도핑 원소는 도핑량과 공정 조건의 정밀한 제어가 필요한 복잡한 반응을 유발할 수 있습니다.

개발 동향:

기능성 코팅을 형성하기 위해 고온에서 텅스텐과 특정 원소의 반응을 제어하는 선택적 반응 기술을 연구합니다.

내식성과 기능성의 균형을 맞춘 다층 복합 코팅(예: WC/Al₂O₃) 개발.

대기 제어 기술을 최적화하고 불필요한 고온 반응을 줄이며 텅스텐 막대의 수명을 향상시킵니다.

3.3 텅스텐 막대의 기계적 성질

텅스텐 막대의 기계적 성질은 고강도 및 경도, 우수한 크리프 저항, 제한된 인성 및 가공성을 포함하여, 높은 하중 및 고온 응력 환경에서 우수하지만 가공하기가 어렵습니다.

3.3.1 텅스텐 막대의 고강도 및 경도

텅스텐 막대는 비커스 경도 (HV) 범위가 350-500 이고 인장 강도가 700-2000 MPa (가공

저작권 및 법적 책임 선언문

공정 및 도핑에 따라 다름)로 매우 높은 강도와 경도를 가지고 있습니다. 높은 강도는 텅스텐의 강한 금속 결합과 신체 중심 입방 격자 때문이며 경도가 높아 내마모성이 뛰어나고 고하중 응용 분야에 적합합니다.

응용 프로그램 시나리오:

고온 금형 : 텅스텐 막대는 고압과 마모에 견디기 위해 유리 성형 또는 세라믹 소결 금형에 사용됩니다.

군사 : 텅스텐 합금 막대는 침투를 향상시키기 위해 높은 경도와 밀도와 결합된 갑옷 피어싱 총알 코어에 사용됩니다.

산업용 공구: 텅스텐 막대는 절삭 공구 또는 스탬핑 다이로 가공되며 높은 응력에 강합니다.

항공 우주 : 텅스텐 막대는 기계적 하중을 견디기 위해 고온 스퍼스터 부품에 사용됩니다.

기술적 과제:

경도가 높으면 절단 및 연삭의 어려움이 증가하여 다이아몬드 공구 또는 레이저 가공이 필요합니다.

강도는 높지만 취성이 높으며 가공 중에 미세 균열이 발생하기 쉽습니다.

대형 텅스텐 막대(>50mm)는 내부 응력 집중으로 단조 또는 압출되며 공정을 최적화해야 합니다.

개발 동향:

나노 결정 텅스텐 재료는 입자를 <100 nm 로 정제하여 강도와 경도를 향상시키는 데 사용됩니다.

가공 균열을 줄이고 정확도를 향상시키기 위한 플라즈마 보조 가공 기술 개발.

텅스텐 매트릭스 복합재는 강도와 인성의 균형을 맞추기 위해 인성 향상 단계 (예 : 니켈)를 추가하여 연구됩니다.

3.3.2 텅스텐 막대의 크리프 저항

텅스텐 막대는 고온 (>2000 °C)에서 우수한 크리프 저항을 가지며 큰 변형없이 오랫동안 응력을 견딜 수 있습니다. 크리프 저항은 텅스텐의 높은 융점과 안정적인 결정 구조에서 비롯되며, 도핑된 텅스텐 막대(예: 칼륨 또는 희토류)는 결정립 경계 강화에 의해 더욱 향상됩니다.

응용 프로그램 시나리오:

고온 용광로 : 텅스텐 막대는 석영로 또는 사파이어 용광로의 지지대로 사용되며 장기간 고온 응력을 받습니다.

항공 우주 : 텅스텐 막대는 크리프 변형에 저항하기 위해 고온 풍동 테스트 구성 요소에 사용됩니다.

과학 연구 : 텅스텐 막대는 장기적인 치수 안정성을 유지하기 위해 고온 실험 장비에 사용됩니다.

산업용: 텅스텐 막대는 장기간의 응력 하에서 변형에 저항하기 위해 고온 금형에 사용됩니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

기술적 과제:

매우 높은 온도(>2500°C)에서 입자가 성장하면 크리프 저항이 감소할 수 있으며 미세 구조를 제어해야 합니다.

장기간 작동하면 표면 산화 또는 도펀트 휘발이 발생하여 성능에 영향을 줄 수 있습니다.

도핑된 텅스텐 막대는 국부적인 불균일한 성능을 피하기 위해 도펀트의 분포를 최적화해야 합니다.

개발 동향:

크리프 저항성을 더욱 개선하고 목표 수명을 30% 연장하기 위한 도핑 기술(예: 복합 희토류 도핑)을 개발합니다.

HIP(Hot Isostatic Pressing) 공정은 입계 결함을 줄이고 고온 안정성을 향상시키는 데 사용됩니다.

크리프 거동을 실시간으로 평가하고 설계를 최적화하기 위한 고온 현장 모니터링 기술에 대한 연구.

3.3.3 텅스텐 막대의 인성 및 가공성

텅스텐 막대는 인성이 낮고 특히 실온에서 부서지기 쉽습니다. 몸체 중심의 입방 격자 구조와 높은 경도로 인해 연성이 떨어지고 가소성을 개선하기 위해 고온(800-1500°C) 또는 여러 번의 어닐링 시간으로 처리됩니다. 도핑된 텅스텐 막대는 희토류 또는 산화물(예: 세륨 산화물, 란탄 산화물)을 첨가하여 인성을 약간 향상시킬 수 있지만 여전히 가공하기가 어렵습니다.

응용 프로그램 시나리오:

도면 : 텅스텐 막대는 필라멘트 생산을 위해 고온 및 다중 어닐링이 필요한 텅스텐 필라멘트(직경 0.01-0.1mm)로 그려집니다.

정밀 부품: 텅스텐 막대는 고정밀 가공 기술이 필요한 반도체 프로브 또는 전극으로 가공됩니다.

용접 전극 : 도핑된 텅스텐 막대(WC20, WL20)를 전극으로 가공하고 인성을 최적화하여 수명을 향상시킵니다.

금형 제작 : 텅스텐 막대는 레이저 또는 EDM 가공이 필요한 복잡한 모양의 금형으로 가공됩니다.

기술적 과제:

상온에서 취성이 높고 가공이 미세 균열을 생성하기 쉬워 수율이 감소합니다.

고온 가공에는 진공로 또는 인덕션 히터와 같은 특수 장비가 필요하므로 비용이 증가합니다.

직경이 작은 텅스텐 막대(<1mm)는 인탈 파괴 위험이 높고 변형의 정밀한 제어가 필요합니다.

개발 동향:

나노 스케일 텅스텐 분말 소결 기술을 개발하여 입자를 미세화하고 인성 및 가공성을 향상시켰습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

레이저 가공 또는 EDM 가공은 기계적 응력을 줄이고 가공 정확도를 향상시키는 데 사용됩니다.

실온에서 인성을 개선하고 가공의 어려움을 줄이기 위해 새로운 도펀트(예: 복합 희토류)에 대한 연구.

3.4 텅스텐 막대의 다른 유형의 특성 비교

다양한 유형의 텅스텐 막대 (순수 텅스텐 막대, 고순도 텅스텐 막대, 도핑 된 텅스텐 막대)의 물리적, 화학적 및 기계적 특성에는 상당한 차이가 있으며, 이는 응용 분야와 성능에 영향을 미칩니다.

3.4.1 순수 텅스텐 막대 및 고순도 텅스텐 막대

물리적 특성 비교:

순수 텅스텐 막대 (순도 $\geq 99.9\%$): 밀도 $19.0-19.25 \text{ g/cm}^3$, 용점 $3410 \text{ }^\circ\text{C}$, 열팽창 계수 $4.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$, 열전도율 $173 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, 전기 전도도 $18\% \text{ IACS}$. $10-50 \mu\text{m}$ 의 입자 크기와 미량 불순물($100-500 \text{ ppm}$)은 고온 성능에 영향을 미칠 수 있습니다.

고순도 텅스텐 막대 (순도 $\geq 99.95\%$): 19.25 g/cm^3 의 이론 값에 가까운 밀도, 더 미세한 입자 ($5-15 \mu\text{m}$), 불순물 함량 $< 50 \text{ ppm}$, 약간 더 나은 전도성 (저항 약 $5.3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 대 $5.5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$), 낮은 증기압, 깨끗한 환경에 적합합니다.

화학적 성질의 비교:

순수 텅스텐 막대 : 내식성이 강하지만 산소 또는 탄소에 대한 미량 반응은 고온에서 더 분명하며 대기를 보호해야 합니다.

고순도 텅스텐 막대 : 높은 화학적 안정성, 실온에서 화학 물질과 거의 반응하지 않음, 고온에서 WO_3 형성 속도가 낮아 진공 또는 클린 룸 응용 분야에 적합합니다.

기계적 특성 비교:

순수 텅스텐 막대 : 비커스 경도 $350-450 \text{ HV}$, 인장 강도 $700-1000 \text{ MPa}$, 낮은 인성, 고온 어닐링이 가공에 필요합니다.

고순도 텅스텐 막대 : 경도가 약간 더 높고 ($400-500 \text{ HV}$), 인장 강도가 $800-1100 \text{ MPa}$ 이며 입자 미세화로 강도가 향상되지만 인성은 여전히 제한적이며 정밀 가공이 필요합니다.

응용 프로그램 차이점 :

순수 텅스텐 막대 : 석영로 코어 막대, 필라멘트 원료, 평형추와 같은 일반적인 고온 응용 분야에 적합합니다.

고순도 텅스텐 막대: 반도체 이온 주입 장비용 전극, 스퍼터링 타겟 및 EUV 리소그래피 기계 부품과 같은 고정밀 및 청정 환경을 위해 특별히 설계되었습니다.

기술적 과제:

순수한 텅스텐 막대는 비용이 적게 들지만 불순물은 성능 일관성에 영향을 줄 수 있습니다.

고순도 텅스텐 막대의 생산에는 CVD 정제 및 클린 룸 처리가 필요하며 이는 높은 비용과 엄격한 장비 요구 사항을 가지고 있습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

개발 동향:

순수 텅스텐 막대 : 소결 공정을 최적화하고 불순물을 줄이며 성능 안정성을 향상시킵니다.
 고순도 텅스텐 막대 : 3nm 미만의 칩 제조 요구를 충족시키기 위해 초 고순도 텅스텐 (99.9999%)을 개발합니다.

3.4.2 도핑 된 텅스텐 막대의 특수 특성

물리적 특성 : 도핑 된 텅스텐 막대 (0.5-2 wt %의 희토류 또는 세륨 산화물, 란탄 산화물, 토륨 산화물과 같은 산화물 포함)는 도펀트의 밀도가 낮기 때문에 순수한 텅스텐 막대 (19.0-19.2 g / cm³)보다 밀도가 약간 낮습니다. 결정립 미세화는 5-15 μm 이고 열팽창 및 열전도 계수 (약 160 W / m · K)는 순수한 텅스텐 막대보다 약간 낮지 만 전기 전도도는 도펀트의 전자 이동성이 향상되어 약간 더 높습니다 (약 5.0 μΩ · cm).

화학적 성질 : 도핑 된 텅스텐 막대는 텅스텐의 내식성과 화학적 안정성을 유지하지만 고온에서 일부 도펀트 (예 : 산화 토륨)는 안정성을 감소시키는 경미한 반응을 일으킬 수 있습니다. 희토류 도핑(예: 세륨 도핑, 란타넘 도핑)은 방사성이 없고 환경 보호 요구 사항을 충족하며 화학적 안정성이 우수합니다.

기계적 특성: 도핑된 텅스텐 막대는 인장 강도(1000-1200 MPa) 및 인성을 향상시키기 위해 결정립계에 의해 강화되고 크리프 저항이 크게 향상되어 고온에서 장기 응력에 적합합니다. 비커스 경도가 400-500 HV 인 경우 가공성은 순수 텅스텐 막대보다 우수하지만 여전히 고온에서 가공해야 합니다.

응용 프로그램 시나리오:

용접 전극 : 도핑 된 텅스텐 막대 (예 : WC20, WL20)는 아르곤 아크 용접 및 플라즈마 용접에 사용되며 아크 안정성이 높고 소손률이 낮습니다.

고온로 : 칼륨 도핑 또는 희토류 텅스텐 막대는 2500 °C 이상을 견딜 수 있는 진공로 발열체에 사용됩니다.

전자 제품: 도핑된 텅스텐 막대는 음극선관, 마이크로파 장치 및 레이저 이미터에 사용됩니다.

새로운 응용 분야: 고온 금속 용융물에 대한 내성이 있는 3D 프린팅 금속 장치용 고온 노즐.

기술적 과제:

도펀트의 균일 성은 제어하기 어렵고 고온 소결은 휘발로 이어져 성능에 영향을 미칠 수 있습니다.

토륨 도핑 텅스텐 막대의 적용은 약간 방사성이며 환경 친화적 인 대안을 개발해야 합니다.

도핑 공정은 생산 복잡성과 비용을 증가시켜 레시피와 공정의 최적화를 필요로 합니다.

개발 동향:

아크 안정성, 수명 및 연소 저항성을 개선하기 위한 복합 희토류 도핑(예: La₂O₃+Y₂O₃)의 연구 개발.

저작권 및 법적 책임 선언문

나노 도핑 기술을 사용하여 도핑량(<0.5wt%)을 줄이고 성능 효율성을 향상시킵니다.
글로벌 환경 표준(예: EU RoHS 지침)을 충족하는 비방사성 고성능 전극 개발.

3.5 CITA GROUP LTD 의 텅스텐 막대 MSDS

다음은 텅스텐 막대의 일반적인 특성 및 산업 표준을 기반으로 안전, 건강 및 환경 정보를 다루는 Chinatungsten 텅스텐 막대의 MSDS (Material Safety Data Sheet)를 요약한 것입니다. 텅스텐 막대는 고체 금속 재료이기 때문에 MSDS 함량은 비교적 간결하며 주로 가공 및 사용의 잠재적 위험에 중점을 둡니다.

물질안전보건자료(MSDS)

제품명 : 텅스텐 막대 (순수 텅스텐 막대, 고순도 텅스텐 막대, 도핑 된 텅스텐 막대)

화학 성분 :

순수 텅스텐 막대 : 텅스텐 (W) $\geq 99.9\%$, 미량 불순물 (Fe, Ni, C, O 등, 100-500 ppm).

고순도 텅스텐 막대 : 텅스텐 (W) $\geq 99.95\%$, 불순물 < 50 ppm.

도핑 된 텅스텐 막대 : 텅스텐 (W) 97-99.5%, 도펀트 (예 : CeO₂, La₂O₃, ThO₂, K) 0.5-2 wt %.

물리적 형태 : 밀도가 19.0-19.25 g / cm³이고 표면 거칠기가 Ra 1.6-3.2 μm 인 단단한 금속 막대.

위험 개요:

상온에서 큰 위험이 없고 화학적 안정성이 높으며 연소나 폭발이 쉽지 않습니다.

가공(예: 절단, 연삭, 용접)은 금속 먼지나 연기를 생성할 수 있으며, 흡입 시 호흡기 자극을 유발할 수 있습니다.

도핑 도핑된 텅스텐 막대(WT20)에는 약간의 방사성을 띠고 있어 특별한 보호가 필요한 산화토륨이 포함되어 있습니다.

건강 위험:

흡입: 텅스텐 가루는 호흡기를 자극할 수 있으며 장기간 노출되면 폐에 불편함을 유발할 수 있습니다.

피부 접촉 : 단단한 텅스텐 막대는 무독성이지만 먼지를 처리하면 경미한 피부 자극을 유발할 수 있습니다.

눈 접촉: 먼지는 기계적 자극을 유발할 수 있으므로 눈으로 행귀야 합니다.

섭취: 실수로 섭취할 가능성은 낮고 소량의 섭취는 크게 독성이 없지만 피해야 합니다.

도핑 도핑된 텅스텐 막대: 산화토륨 먼지에 장기간 노출되면 방사선 위험이 증가할 수 있으며 노출을 제어해야 합니다.

안전 예방 조치:

개인 보호구: 처리 중에는 방진 마스크(N95 이상), 보호 안경 및 장갑을 착용하십시오.

환기: 가공 영역에는 먼지 농도를 제어하기 위해 국소 배기 또는 먼지 제거 시스템이 장착되어야 합니다.

방사능 보호(도핑 도핑된 텅스텐 막대): 특수 흡 후드를 사용하고, 방사선 수준을

저작권 및 법적 책임 선언문

정기적으로 모니터링하고, 현지 규정(예: 중국 GB 18871-2002)을 준수하십시오.

취급 & 저장:

건조하고 통풍이 잘되는 창고에 보관하고 강한 산화제(예: 진한 질산)와 접촉하지 않도록 하십시오.

정전기 축적으로 인한 분진 폭발을 방지하기 위해 처리 장비를 접지해야 합니다.

폐 텅스텐 막대는 금속 폐기물로 재활용되며, 토륨 도핑 텅스텐 막대는 방사성 폐기물 규정에 따라 처리해야 합니다.

응급 처치 방법:

흡입: 사람을 신선한 공기가 있는 곳으로 옮기고 필요한 경우 의사의 진료를 받으십시오.

피부 접촉: 비누와 물로 피부를 씻고 필요한 경우 의사의 진료를 받으십시오.

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

섭취: 즉시 입을 행구고 물로 희석하고 필요한 경우 의사의 진료를 받으십시오.

환경 영향:

텅스텐 막대 자체는 환경에 독성이 없지만 먼지를 처리하면 공기나 수역이 오염될 수 있으므로 적절하게 수집해야 합니다.

토륨-텅스텐 막대로 도핑된 폐기물은 환경 오염을 방지하기 위해 방사성 폐기물 규정에 따라 처리해야 합니다.

법적 규제 정보:

중국 GB / T 4187-2017 (텅스텐 막대 표준) 및 YS / T 695-2009 (텅스텐 전극 표준)를 준수합니다.

토륨 도핑 텅스텐 막대는 방사성 물질에 대한 국제 원자력기구 (IAEA) 안전 코드 및 중국 GB 18871-2002 (이온화 방사선에 대한 보호 표준)의 적용을받습니다.

배송 정보:

국제해사기구(IMO) 및 국제항공운송협회(IATA)의 요건에 따른 비위험물 운송.

토륨 도핑된 텅스텐 막대는 방사성 경고를 표시해야 하며 규정에 따라 포장 및 운송해야 합니다.

공급업체 정보

공급 업체: CTIA GROUP LTD

전화: 0592-5129696/5129595

저작권 및 법적 책임 선언문



CTIA GROUP LTD 텅스텐 막대

Chapter 4 : 텅스텐 막대의 제조 및 생산 기술

고성능 내화 금속 재료로서 텅스텐 막대의 제조 공정에는 복잡한 원료 처리, 분말 야금, 변형 가공, 후처리 및 다양한 유형의 텅스텐 막대에 대한 맞춤형 기술이 포함됩니다. 텅스텐의 높은 용점(3410°C), 고밀도($19.25\text{g}/\text{cm}^3$) 및 고유한 기계화학적 특성으로 인해 생산 장비 및 공정 제어에 대한 요구가 엄격합니다. 이 장에서는 원료 준비, 분말 야금 기술, 변형 가공 기술, 대규모 텅스텐 막대 준비, 후처리 기술 및 다양한 유형의 텅스텐 막대 (순수 텅스텐 막대, 고순도 텅스텐 막대, 도핑 된 텅스텐 막대)의 공정 특성을 포함하여 텅스텐 막대의 제조 및 생산 공정에 대해 자세히 설명합니다.

4.1 텅스텐 막대 원료 준비

텅스텐 막대의 제조는 텅스텐 광석의 채굴 및 정제, 텅스텐 분말의 제조 및 합금 원소 또는 도펀트의 첨가를 포함하는 고품질 원료의 획득 및 가공으로 시작됩니다. 이러한 단계는 텅스텐 막대의 순도, 성능 및 생산 효율에 직접적인 영향을 미칩니다.

4.1.1 텅스텐 광석의 채굴 및 정제

텅스텐 막대의 원료는 주로 텅스텐 광석에서 파생되며 일반적인 유형에는 볼프라마이트 (FeMnWO_4)와 셀 라이트 (CaWO_4)가 있습니다. 채굴은 일반적으로 광상의 지질학적 조건에 따라 노천 또는 지하 채굴 방법을 사용하여 수행됩니다. 채굴된 광석은 고순도 텅스텐 화합물을 얻기 위해 여러 단계의 정제를 거칩니다.

프로세스:

광석 분쇄 및 연삭: 원료 광석을 작은 입자($<10\text{mm}$)로 분쇄하고 볼 밀링 또는 로드 밀링으로 미크론 수준($10\text{-}100\mu\text{m}$)으로 더 정제하여 후속 선광 효율을 향상시킵니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

선광 : 중력 선광 (예 : 지그, 셰이커), 부유 선광 또는 자기 분리 기술을 사용하여 맥석에서 텅스텐 광석을 분리하여 고급 텅스텐 농축 물 (WO_3 함량 60-70 %)을 얻습니다.

화학적 정제 : 텅스텐 농축액을 볶아 (500-800 °C) 황 및 비소와 같은 불순물을 제거한 다음 알칼리 (수산화 나트륨) 또는 산 (염산) 침출을 통해 텅스텐 산 나트륨 (Na_2WO_4) 또는 텅스텐 산 (H_2WO_4)을 생성합니다.

결정화 및 정제 : 용매 추출 또는 이온 교환에 의한 추가 정제를 통해 순도 99.9 % 이상의 순도를 가진 고순도 암모늄 텅스텐 산염 (APT, $(NH_4)_2WO_4$)를 생성하며, 이는 후속 텅스텐 분말 준비에 적합합니다.

요점:

선광 과정은 불순물(예: 규소, 인, 철)을 줄이기 위해 정밀하게 제어되어야 합니다.

알칼리 침출 방법은 불프라마이트에 적합하고 산 침출 방법은 scheelite 에 적합하며 광석 유형에 따라 공정을 최적화해야 합니다.

고순도 APT 는 고순도 텅스텐 막대 제조의 핵심 원료이며 탄소 및 산소와 같은 불순물은 엄격하게 제어해야 합니다.

4.1.2 텅스텐 분말의 제조

텅스텐 분말은 텅스텐 막대의 제조를 위한 핵심 원료이며, 이는 텅스텐 산염 암모늄 또는 텅스텐 산화물 (WO_3)을 수소로 환원시켜 얻어지며, 입자 크기와 순도는 텅스텐 막대의 특성에 직접적인 영향을 미친다.

프로세스:

산화물 제제 : 암모늄 텅스텐 산염은 공기 (400-600 °C)에서 소성되어 산화 텅스텐 (WO_3) 또는 WO 로 분해되며 색상은 노란색 또는 청록색입니다.

수소 환원 : 텅스텐 산화물은 다중 튜브로 또는 회전로에서 600-900 °C 에서 고순도 수소 (99.999 %)로 환원되며, 먼저 WO_2 (갈색)로 환원 된 다음 텅스텐 금속 분말 (회색)로 환원된다. 환원 대기는 산소 또는 질소 오염을 피하기 위해 엄격하게 제어되어야 합니다.

체질 및 분류 : 균일 한 입자 크기를 가진 텅스텐 분말 (0.5-5 μm)은 다양한 유형의 텅스텐 막대에 적합한 진동 스크린 또는 공기 흐름 분류에 의해 얻을 수 있습니다 (예 : 순수한 텅스텐 막대는 더 큰 입자 크기를 필요로 하고 고순도 텅스텐 막대는 더 미세한 입자 크기를 필요로 함).

품질 관리: X 선 형광 분광법(XRF) 또는 유도 결합 플라즈마 질량 분석법(ICP-MS)을 사용하여 불순물을 검출하여 $\geq 99.9\%$ (고순도 텅스텐 분말 $\geq 99.95\%$)의 순도를 보장합니다.

요점:

환원 온도와 수소 유량은 텅스텐 분말의 입자 크기와 형태를 제어하기 위해 정밀하게 조정해야 합니다.

고순도 텅스텐 분말은 먼지 오염을 피하기 위해 깨끗한 환경에서 생산해야 합니다.

텅스텐 분말은 산화 또는 수분 흡수를 방지하기 위해 보관을 위해 밀봉해야 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

4.1.3 합금 원소 및 도펀트의 추가

도핑 된 텅스텐 막대 또는 텅스텐 합금 막대를 제조하기 위해서는 아크 안정성, 크리프 저항 또는 가공성을 향상시키기 위해 텅스텐 분말에 합금 원소 또는 도펀트를 첨가해야 합니다.

직업:

도펀트 선택: 일반적인 도펀트 옵션에는 희토류 산화물(예: 산화세륨 CeO_2 , 란타 산화물 La_2O_3 , 이트륨 Y_2O_3 , 0.5-2 wt%), 산화물(예: 토륨 ThO_2 , 지르코니아 ZrO_2) 또는 미량의 칼륨(50-100ppm)이 포함됩니다. 합금 원소에는 니켈, 철 및 구리가 포함되며, 이는 고밀도 텅스텐 합금 막대를 제조하는 데 사용됩니다.

혼합 방법 : 도펀트는 고 에너지 볼 밀링 또는 분무 건조에 의해 텅스텐 분말과 균일하게 혼합되어 도펀트가 고르게 분포되도록 합니다. 볼 밀링 시간은 분말의 과미세 또는 오염을 방지하기 위해 4-8 시간으로 제어됩니다.

용액 도핑 : 도펀트는 질산염 (예 : 질산 란타늄) 형태로 물에 용해되어 텅스텐 분말의 표면에 분사되고 건조 후 균일 한 도핑을 형성한다.

품질 관리: 주사전자현미경(SEM)을 사용하여 도펀트 분포를 분석하고, XRF 를 사용하여 도핑량을 검출하여 설계 요구 사항(예: CeO_2 함량 2% \pm 0.1%)을 준수했습니다.

요점:

도펀트의 입자 크기는 응집을 피하기 위해 텅스텐 분말의 입자 크기 (일반적으로 $< 1 \mu m$)와 일치해야 합니다.

토륨 도핑 된 텅스텐 막대는 산화 토륨이 약간 방사성이기 때문에 특별한 보호가 필요합니다.

합금 원소의 비율은 텅스텐의 용점 또는 내식성이 감소하는 것을 방지하기 위해 제어되어야 합니다.

4.2 텅스텐 막대의 분말 야금 기술

분말 야금은 텅스텐 막대 준비의 핵심 기술로, 분말 혼합, 압착 및 고온 소결을 통해 텅스텐 분말을 조밀 한 막대 모양의 블랭크로 변환하여 후속 변형 가공의 기초를 제공합니다.

4.2.1 분말 혼합 및 압착

분말 혼합 : 텅스텐 분말 (또는 도핑 된 텅스텐 분말)은 기계적 혼합 또는 분무 건조에 의해 바인더 (예 : 폴리 비닐 알코올 PVA)와 혼합되어 흐름과 성형 성을 보장합니다. 혼합 장비에는 분말 산화 또는 오염을 방지하기 위해 혼합 시간이 2-4 시간 인 유성 밀 또는 V-믹서가 포함됩니다.

누르는 과정:

냉간 등압 프레스 (CIP) : 혼합 된 텅스텐 분말을 유연한 금형에 넣고 약 50-60 %의 이론 밀도로 100-200 MPa 의 압력으로 막대 모양의 블랭크로 압착합니다. CIP 는 대형 블랭크에 적합하며 균일성이 우수합니다.

주조: 50-150 MPa 의 압력에서 작은 배치 또는 작은 직경의 블랭크에 적합한 강철

저작권 및 법적 책임 선언문

다이를 사용하여 유압 프레스를 누릅니다.

공정 제어: 블랭크의 균열을 방지하기 위해 프레스 속도가 느려야 합니다(0.5-1mm/s). 블랭크는 바인더를 제거하기 위해 진공 또는 불활성 분위기에서 탈지됩니다.

요점:

블랭크의 표면 결함을 줄이기 위해 금형의 표면이 매끄러워야 합니다.

가압 압력은 분말 입자 크기와 도펀트의 종류에 따라 조정해야 합니다.

먼지 오염을 방지하기 위한 깨끗한 환경(e.g. ISO 클래스 7).

4.2.2 고온 소결

고온 소결은 분말 야금의 핵심 단계로, 텅스텐 분말 입자가 고온에서 결합되어 고밀도 블랭크를 형성합니다.

프로세스:

소결 장비: 수소 보호로 또는 진공 소결로가 채택되고 온도는 2000-2800 °C 이며 온도는 1-3 시간 동안 유지됩니다.

소결 공정 : 텅스텐 파우더 블랭크는 5-10 %의 다공성과 90-95 %의 이론 밀도로 고온에서 입자 확산 및 결합을 거칩니다. 소결은 사전 소결(1000-1500°C, 휘발성 불순물 제거)과 주 소결(2000-2800°C, 치밀화)으로 나뉩니다.

분위기 제어: 산화에 대한 수소 보호, 유량 0.5-2m³/h; 진공 소결 (10⁻³-10⁻⁵ Pa)은 가스 흡착을 줄이기 위해 고순도 텅스텐 막대에 적합합니다.

냉각: 열 응력으로 인한 균열을 방지하기 위해 서서냉각(10-20°C/min).

요점:

소결 온도는 텅스텐 분말의 입자 크기와 도펀트의 유형에 따라 최적화해야 하며, 너무 높으면 입자가 너무 커질 수 있습니다.

용광로 내부의 대기는 탄소 또는 산소 오염을 피하기 위해 고순도(99.999%)여야 합니다.

소결된 블랭크는 내부 다공성과 균열을 확인하기 위해 초음파로 검사해야 합니다.

4.2.3 소결 텅스텐 막대의 성능 최적화

소결 텅스텐 막대 (검은 색 막대)는 응용 프로그램 요구 사항을 충족하도록 더욱 최적화해야 합니다.

최적화 방법:

2 차 소결: 진공로에서 2200-2600°C 에서 단기 2 차 소결(0.5-1 시간)은 다공성을 <2%로 더 감소시키고 밀도를 19.0g/cm³ 이상으로 증가시킵니다.

열간 등압 압착(HIP): 2000°C, 100-200MPa 에서 처리, 미세 기공이 제거되었으며 밀도는 이론값인 19.25g/cm³에 가깝습니다.

표면 세척 : 표면 산화물 층은 Ra 3.2-6.4 μm 의 거칠기를 달성하기 위해 화학적 세척 (염산 또는 불산)으로 제거됩니다.

미세 구조 조정: 입자 크기(10-50μm)를 최적화하고 소결 시간과 냉각 속도를 제어하여 강도를 높입니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

요점:

HIP 공정에는 고성능 텅스텐 막대를 위한 특수 장비가 필요합니다.
표면 청소는 산성 위험을 피하기 위해 환기가 잘 되는 환경에서 수행해야 합니다.
성능 최적화를 위해서는 강도 손실을 방지하기 위해 입자 크기와 다공성의 균형을 맞춰야 합니다.

4.3 텅스텐 막대 변형 가공 기술

변형 가공은 열간 단조, 열간 압출, 압연 및 드로잉을 통해 텅스텐 막대의 밀도, 강도 및 치수 정확도를 더욱 향상시켜 다양한 응용 분야의 요구 사항을 충족합니다.

4.3.1 열간 단조 (해머 단조, 회전 단조)

열간 단조 공정은 고온 기계적 변형을 통해 텅스텐 막대를 고밀도 막대로 소결 공정하며, 이는 해머 단조와 회전 단조로 나뉩니다.

망치 위조 과정:

장비 : 에어 해머 또는 유압 단조 기계, 단조 온도 1200–1500 °C, 수소 또는 아르곤 보호.

프로세스 : 소결 텅스텐 막대는 1200 °C 로 예열되고 매번 10-20 %의 변형으로 여러 통과로 단조되어 점차적으로 직경을 줄이고 밀도 (19.0-19.25 g/cm³)를 증가시킵니다.

후처리: 응력 제거를 위한 단조(1000–1200°C) 후 어닐링 및 Ra 1.6–3.2 μm 의 거칠기로 표면 선삭.

로터리 스웨이징 공정:

장비: 1200–1400°C 에서 고주파 유도 히터가 있는 회전식 형철기.

프로세스 : 텅스텐 막대는 회전 다이에서 다방향 압력을 받고 균일하게 변형되어 중경 막대 (5-50mm)에 적합합니다.

장점: 로터리 스웨이징은 해머 스웨이징보다 균일하고 균열 위험이 낮으며 고정밀 응용 분야에 적합합니다.

요점:

단조 온도는 과열 및 과그레인을 방지하기 위해 정밀하게 제어되어야 합니다.

내부 응력 집중을 방지하기 위해 변형의 양을 단계적으로 제어해야 합니다.

보호 분위기(예: 아르곤)는 표면의 산화를 방지합니다.

4.3.2 열간 압출

열간 압출은 높은 밀도와 강도를 가진 큰 사양 또는 복잡한 단면을 가진 텅스텐 막대를 형성하는 데 사용됩니다.

프로세스:

예열 : 소결 텅스텐 막대는 1300-1600 °C 로 가열되고 수소 또는 아르곤으로 보호됩니다.

압출: 텅스텐 막대는 직경이 20-100mm 이고 밀도가 19.0-19.2g/cm³인 유압 압출기(500-1000MPa)로 압출됩니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

교정 및 냉각: 압출 후 서서히(10-20°C/분) 냉각하고 교정기를 사용하여 모양을 조정합니다.

표면 처리: Ra 1.6-3.2 μm 의 거칠기로 선삭 또는 연삭.

요점:

금형은 마모를 줄이기 위해 고온 내성 재료(예: 몰리브덴 또는 세라믹)로 만들어야 합니다.

균열을 방지하기 위해 압출 속도(0.1-0.5mm/s)가 느려야 합니다.

대구경 압출에는 비용 절감을 위해 고출력 장비가 필요합니다.

4.3.3 롤링

텅스텐 막대는 높은 치수 정확도와 우수한 표면 품질로 열간 압연 또는 냉간 압연에 의해 중소형 직경 (5-20mm)으로 가공됩니다.

프로세스:

열간 압연 : 소결 또는 단조 텅스텐 막대를 1000-1300 °C 로 가열하고 여러 번 압연하여 직경을 점차적으로 줄입니다 (15-25 % 변형).

냉간 압연(옵션): 직경이 작은 텅스텐 막대(<10mm)는 정확도 향상을 위해 실온 또는 저온(<500°C)에서 압연됩니다.

어닐링: 900-1100°C 에서 어닐링하면 가공 경화가 제거되고 균열이 방지됩니다.

표면 처리 : 거칠기 Ra 1.6-3.2 μm 로 연마.

요점:

열간 압연은 텅스텐의 경도를 견디기 위해 고온 롤(예: 몰리브덴 합금)이 필요합니다.

냉간 압연은 작은 직경으로 제한되며 고정밀 장비가 필요합니다.

어닐링 분위기는 표면 오염을 방지하기 위해 순수해야 합니다.

4.3.4 당기기

드로잉은 작은 직경의 텅스텐 막대 (<5mm)를 생산하는 데 사용되며 텅스텐 와이어 및 정밀 전극 제조의 핵심 공정입니다.

프로세스:

블랭크 준비: 단조 또는 압연 텅스텐 막대(직경 5-10mm)를 사용합니다.

드로잉: 800-1000°C 에서 다이아몬드 다이를 여러 번 통과하여 최종 직경 0.01mm(텅스텐 와이어)까지 매번 5-10%의 직경 감소로 드로잉합니다.

윤활 및 어닐링: 응력을 완화하기 위해 흑연 또는 이황화 몰리브덴 및 주기적 어닐링(900-1100°C)으로 윤활합니다.

세척 및 연마: 화학적 세척은 윤활제를 제거하고 Ra 1.6-3.2 μm 의 거칠기로 연마합니다.

요점:

다이아몬드 다이는 정확성을 유지하기 위해 정기적으로 교체해야 합니다.

파손을 방지하기 위해 드로잉 속도(1-5m/min)를 제어해야 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

산화를 방지하기 위해 고온 인발에는 불활성 분위기가 필요합니다.

4.4 대규모 텅스텐 막대의 제조

대형 텅스텐 막대 (직경 > 20mm)는 고밀도 및 고강도로 인해 항공 우주, 군사 및 산업 분야에서 널리 사용됩니다.

4.4.1 기술적 어려움 및 과제

대규모 텅스텐 막대의 제조는 다음과 같은 기술적 어려움에 직면 해 있습니다.

고밀도 요구 사항: 이론 밀도(19.25g/cm³)에 가까우면 소결 및 변형 가공은 다공성을 엄격하게 제어해야 합니다.

내부 결함: 직경이 큰 블랭크는 다공성, 균열 또는 응력 집중이 발생하기 쉬우며 이는 강도에 영향을 미칩니다.

장비 제한: 압출 또는 단조에는 대형 톤수 장비(> 1000 톤)가 필요하며, 이는 다이 재료 및 가열 시스템에 대한 요구 사항이 높습니다.

균일성: 대형 막대는 소결 및 가공 중에 입자가 고르지 않거나 조성이 분리되는 경향이 있습니다.

비용 관리: 고온 및 고톤수 가공을 위한 높은 에너지 소비, 빠른 금형 마모 및 생산 비용 증가.

4.4.2 고밀도 텅스텐 막대의 제조 방법

프로세스:

대형 빌릿 프레싱: 대구경 빌릿(직경 50-100mm)은 이론 밀도 50-60%의 밀도로 냉간 등압 프레싱(200-300MPa)로 준비됩니다.

고온 소결: 2200-2800 °C 에서 90-95 %의 밀도로 진공 또는 수소로에서 2-4 시간 동안 소결합니다.

열간 등압 압착(HIP): 2000°C 에서 1-2 시간, 150-200MPa, 미세 다공성 제거, 밀도 19.25g/cm³에 육박.

열간 압출: 1300-1600 °C, 800-1200 MPa, 직경 20-100 mm, 표면 거칠기 Ra 3.2-6.4 μm 에서 압출.

후처리: 응력 완화를 위한 어닐링(1000-1200°C) 및 거칠기 Ra 1.6-3.2 μm 로 선화.

요점:

HIP 공정은 고밀도의 핵심이며 초고압 장비가 필요합니다.

압출 다이는 마모를 줄이기 위해 고온 내성 재료(예: 몰리브덴 합금)로 만들어야 합니다.

소결 및 압출은 균일한 온도를 보장하기 위해 단면에서 가열됩니다.

4.4.3 프로세스 최적화 및 혁신

최적화 측정값:

등급 소결: 다단계 가열 (1000 °C 사전 소결, 2500 °C 주 소결)은 과도한 입자 크기를

저작권 및 법적 책임 선언문

줄이기 위해 사용됩니다.

복합 금형: 폴리브덴 기반 또는 세라믹 코팅 금형을 사용하여 금형 수명을 연장합니다.

자동 제어: 센서는 온도, 압력 및 대기를 모니터링하여 프로세스 일관성을 개선합니다.

연속 압출: 인터쿨링 및 재가열을 줄이고 효율성을 개선하기 위해 연속 열간 압출 라인을 개발합니다.

입자 제어: 입자 크기(10-30 μm)를 최적화하고 칼륨 또는 희토류와 같은 미량의 도펀트를 추가하여 강도를 높입니다.

요점:

자동 제어에는 실시간 모니터링을 보장하기 위해 통합 온도 및 압력 센서가 필요합니다.

복합 금형은 변형이나 마모를 방지하기 위해 정기적인 유지 관리가 필요합니다.

고온에서 성능을 방지하기 위해 도펀트를 정확하게 첨가해야 합니다.

4.5 텅스텐 막대의 후처리 기술

후처리 기술에는 텅스텐 막대의 성능, 표면 품질 및 치수 정확도를 최적화하기 위한 열처리, 표면 처리 및 정밀 가공이 포함됩니다.

4.5.1 열처리

열처리는 가공 응력을 완화하고 미세 구조를 최적화하며 어닐링 또는 시효 처리를 통해 텅스텐 막대의 기계적 특성을 향상시킵니다.

프로세스:

응력 완화 어닐링: 내부 응력을 줄이기 위해 1000-1200°C 에서 10-20°C/min 의 냉각 속도로 진공 또는 수소로에서 1-2 시간 동안 유지합니다.

재결정 어닐링: 1400-1600°C 에서 0.5-1 시간 동안 배양하여 입자 크기(10-30 μm)를 조정하여 인성을 향상시킵니다.

노화 처리 (도핑 된 텅스텐 막대) : 도펀트 분포를 안정화하고 아크 성능을 향상시키기 위해 800-1000 °C 에서 2-4 시간 동안 따뜻하게 유지하십시오.

요점:

어닐링 분위기는 산화를 방지하기 위해 고순도(99.999% 수소 또는 10⁻⁵ Pa 진공)여야 합니다.

온도와 유지 시간은 텅스텐 막대 (순수 텅스텐 또는 도핑)의 유형에 따라 조정해야 합니다.

열 응력으로 인한 균열을 방지하기 위해 냉각 속도가 느려야 합니다.

4.5.2 표면 처리 (연마, 청소)

표면 처리는 텅스텐 막대의 표면 품질과 청결도를 향상시켜 고정밀 응용 분야의 요구 사항을 충족합니다.

다음 과정:

저작권 및 법적 책임 선언문

기계적 연마 : 다이아몬드 연삭 휠 또는 알루미나 연마제를 사용하여 Ra 1.6~3.2 μm 의 거칠기로 연마하여 전극 또는 반도체 구성 요소를 용접하는 데 적합합니다.

화학적 연마 : 불산과 질산의 혼합물 (비율 1:3)을 사용하여 10-30 초 동안 담가 표면 산화물 층을 제거하고 거울 효과를 얻습니다.

전해 연마 : 텅스텐 막대는 양극, 인산염 기반 전해질 처리로 사용되며 표면 거칠기는 Ra 1.6 μm 이하에 도달 할 수 있습니다.

청소 과정:

화학적 세척: 묽은 염산 또는 젯물(수산화나트륨)로 세척하여 표면의 기름과 산화물을 제거합니다.

초음파 세척: 탈이온수에 세척제를 첨가하고 초음파 세척을 5-10 분 동안 하여 청결을 보장합니다.

플라즈마 세척 : 고순도 텅스텐 막대에 적합한 진공 플라즈마 장비에서 미량 오염 물질 제거.

요점:

연마는 2 차 오염을 방지하기 위해 깨끗한 환경(ISO 클래스 5)에서 수행해야 합니다.

화학적 세척은 텅스텐 막대의 부식을 방지하기 위해 산 및 알칼리 농도를 제어해야 합니다.

플라즈마 세척은 고정밀 응용 분야에 적합하며 특수 장비가 필요합니다.

4.5.3 정밀 가공 및 절단

정밀 가공 및 절단은 고정밀 요구 사항을 충족하기 위해 특정 모양과 크기의 텅스텐 막대를 생산하는 데 사용됩니다.

프로세스:

터닝: 0.05mm 의 직경 공차와 1.6~3.2μm± 표면 거칠기를 가공하기 위한 다이아몬드 공구가 있는 CNC 선반.

연삭 : 센터 그라인더 또는 센터리스 그라인더를 사용하여 ± 0.02 mm 의 공차를 가진 작은 직경의 텅스텐 막대 (<5 mm) 가공.

방전 절단 (EDM) : 군용 부품에 적합한 ±0.01 mm 의 정확도로 복잡한 형상 또는 대형 텅스텐 막대를 절단하는 데 사용됩니다.

레이저 절단 : 고풍력 레이저 사용, 작은 직경의 텅스텐 막대 또는 마이크로 부품 절단, 작은 열 영향 영역, 높은 정밀도.

요점:

절단 정확도를 유지하기 위해 다이아몬드 공구를 정기적으로 교체해야 합니다.

EDM 은 표면 화상을 방지하기 위해 방전 매개변수를 제어해야 합니다.

레이저 절단은 산화를 줄이기 위해 불활성 가스 보호가 필요합니다.

4.6 다양한 유형의 텅스텐 막대의 공정 특성

다양한 유형의 텅스텐 막대 (순수 텅스텐 막대, 고순도 텅스텐 막대, 도핑 된 텅스텐 막대)는 조성 및 적용의 차이로 인해 제조 공정이 다릅니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD
Tungsten Rods Introduction

1. Overview of Tungsten Rods

Tungsten rods are high-performance metallic bars made from tungsten powder (purity $\geq 99.95\%$) using powder metallurgy processes such as pressing, sintering, and swaging. With their extremely high melting point, excellent mechanical properties, and outstanding chemical stability, tungsten rods are widely used in industrial fields that demand extreme conditions.

2. Characteristics of Tungsten Rods

- ✓ Ultra-high melting point: Up to 3410°C , suitable for extreme high-temperature environments
- ✓ Excellent strength and hardness: Maintains mechanical performance even at temperatures
- ✓ Good thermal and electrical conductivity: Ideal for precision applications in electronics and heating systems
- ✓ High-density material: Suitable for counterweights and radiation shielding
- ✓ Corrosion and wear resistance: Long service life and excellent stability
- ✓ Low thermal expansion coefficient: Suitable for precision structural components

3. The Main Applications Tungsten Rods

- ✓ Aerospace and defense: Rocket nozzles, armor-piercing projectile cores, high-temperature structural parts
- ✓ Electronics industry: Cathodes, heat sinks, electrodes, contact materials
- ✓ High-temperature furnaces and metallurgy: Heating elements for vacuum furnaces, tungsten crucibles, support components
- ✓ Medical technology: Radiation shielding parts, precision surgical instruments
- ✓ Mechanical engineering: Counterweights, mold inserts, vibration dampers
- ✓ Scientific research equipment: Ultra-high temperature reactors, physical property testing components

4. Basic Data of Tungsten Rods

Item	Parameter
Density	19.3 g/cm ³
Hardness (Vickers HV)	340–400 HV
Electrical Conductivity (20°C)	~30% IACS
Thermal Conductivity	~170 W/(m·K)
Coefficient of Thermal Expansion	~4.5 x 10 ⁻⁶ /K
Diameter Range	Ø1.0 mm – Ø100 mm (customizable)
Length Range	100 mm – 1000 mm (up to 2000 mm maximum)
Surface Condition	As-sintered (black), ground, polished

5. Procurement Information

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

Website: www.tungsten.com.cn

저작권 및 법적 책임 선언문

4.6.1 순수 텅스텐 막대 공정

프로세스 특성:

원료 : 순도 $\geq 99.9\%$, 입자 크기 $0.5-5\ \mu\text{m}$ 및 불순물 (예 : Fe, C, O)을 가진 텅스텐 분말은 $100-500\ \text{ppm}$ 으로 제어됩니다.

분말 야금: 냉간 등압 프레스($100-200\ \text{MPa}$) 밀렛, 수소 보호 소결($2000-2800^\circ\text{C}$), 밀도 $90-95\%$.

변형: 열간 단조 또는 압연($1200-1500^\circ\text{C}$), 다중 패스 변형, 최대 $19.0-19.25\ \text{g/cm}^3$ 의 밀도.

후처리: 응력 완화를 위해 어닐링($1000-1200^\circ\text{C}$), Ra $1.6-3.2\ \mu\text{m}$ 의 거칠기로 선삭 또는 연마.

응용 프로그램 지향: 이 프로세스는 비용 관리에 중점을 두고 있으며 일반 고온 응용 분야(예: 석영로 코어 로드, 필라멘트 원료)에 적합합니다.

요점:

소결 온도는 입자 성장과 기공 제거의 균형을 맞춰야 합니다.

가공 기술이 간단하고 장비 요구 사항이 상대적으로 낮습니다.

표면 처리는 주로 산업 정밀도를 충족시키기 위한 기계적 연마입니다.

4.6.2 고순도 텅스텐 막대 공정

프로세스 특성:

원료 : 순도 $\geq 99.95\%$, 입자 크기 $0.1-1\ \mu\text{m}$, 불순물 $< 50\ \text{ppm}$, 화학 기상 증착 (CVD)에 의해 정제된 텅스텐 분말.

분말 야금: 밀도 98% 이상, 다공성 $< 1\%$ 의 초고진공(2600°C)에서 소결($2800-10^\circ\text{C}$).

변형: 회전 스웨이징 또는 롤링($1200-1400^\circ\text{C}$), $10-15\%$ 의 변형으로 미세한 입자($5-15\ \mu\text{m}$)를 보장합니다.

후처리: 전해 연마 또는 플라즈마 세척, 거칠기 Ra $1.6-3.2\ \mu\text{m}$, 클린룸(ISO 클래스 5) 패키징.

응용 분야 지향적: 이 공정은 고순도와 청정도를 강조하며 반도체, 의료 및 EUV 리소그래피 기계 부품에 적합합니다.

요점:

정제 및 소결에는 오염을 방지하기 위해 초고순도 장비가 필요합니다.

가공에는 먼지와 불순물을 제어할 수 있는 깨끗한 환경이 필요합니다.

후처리는 주로 표면 품질을 보장하기 위한 화학적 또는 전해 연마입니다.

4.6.3 도핑 된 텅스텐 막대 공정

프로세스 특성:

원료 : $0.5-2\ \text{wt}\%$ 도펀트 (예 : CeO_2 , La_2O_3 , ThO_2 , K)를 텅스텐 분말에 첨가하고 볼 밀링 또는 용액 도핑으로 균일하게 혼합합니다.

분말 야금 : 소결 온도 $2300-2600\ ^\circ\text{C}$ (순수 텅스텐 막대보다 낮음)는 도펀트 휘발을 방지하고 밀도는 $95-98\%$ 입니다.

변형 : 인발 또는 회전 스웨이징 ($800-1400\ ^\circ\text{C}$), 인성을 향상시키고 균열 위험을 줄이기 위해 도펀트.

저작권 및 법적 책임 선언문

후처리: 어닐링(800-1000°C) 안정화 도펀트, 거칠기 Ra 1.6-3.2 μm 로 연마, 방사성 보호를 위한 톨륨 도핑된 텅스텐 막대.

응용 프로그램 지향: 용접 전극 및 고온로 구성 요소에 대한 공정 최적화된 아크 안정성과 크리프 저항.

요점:

불균일한 성능을 방지하기 위해 도펀트가 고르게 분포되어야 합니다.

톨륨 도핑 텅스텐 막대는 방사능 규정을 준수하기 위해 특별한 보호가 필요합니다.

도면 공정은 가공 성공률을 높이기 위해 여러 어닐링이 필요합니다.



CTIA GROUP LTD 텅스텐 막대

5 장 : 텅스텐 막대의 용도

높은 용점 (3410 °C), 고밀도 (19.25 g / cm³), 우수한 기계적 강도, 내식성 및 화학적 안정성으로 텅스텐 막대는 많은 분야에서 대체 할 수 없는 응용 가치를 보여주었습니다. 산업 생산에서 군사 방어, 전자 조명에서 항공 우주, 의료 연구 및 일상 생활에 이르기까지 텅스텐 막대 및 그 파생물은 고성능 시나리오에서 널리 사용됩니다. 이 장에서는 산업, 군사 및 방위, 전자 및 조명, 자동차 및 항공 우주, 의료 및 과학 연구 및 석영로 코어 로드, 갑옷 피어싱 총알 코어, 텅스텐 와이어 전극, 항공 우주 고온 부품, 방사선 차폐, 스포츠 용품 등을 포함한 기타 분야에서 텅스텐 막대의 특정 용도에 대해 자세히 설명합니다.

5.1 텅스텐 막대의 산업 응용

텅스텐 막대의 산업 응용 분야는 주로 고온, 고하중 및 정밀 제조 환경에 집중되어 있으며 높은 용점과 치수 안정성으로 인해 극한의 작업 조건에서 이상적인 재료입니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

5.1.1 석영로용 텅스텐 코어 로드

석영로는 고순도 석영 유리를 생산하는 데 사용되며 주로 광섬유, 반도체 및 태양광 산업에 사용됩니다. 텅스텐 막대는 구조적 안정성을 유지하고 석영 용융물의 균일한 흐름을 보장하기 위해 2000-2500°C 의 고온을 견디는 용광로의 코어 막대로 사용됩니다.

앱 기능:

재료 요구 사항 : 순수 텅스텐 막대 (순도 $\geq 99.9\%$) 또는 고순도 텅스텐 막대 ($\geq 99.95\%$), 직경 10-50mm, 석영의 접촉을 방지합니다.

기능: 코어 로드는 노 본체의 중앙에 고정되어 석영 블랭크가 고온 및 약간의 산화 분위기를 견딜 수 있는 튜브 또는 로드 모양으로 용해되도록 안내합니다.

장점: 텅스텐의 높은 용점과 낮은 열팽창 계수($4.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)는 장기간 작동 중에 연화되거나 변형되지 않도록 합니다. 낮은 증기압은 용광로의 오염을 줄입니다.

일반적인 시나리오: 5G 통신 기지국 또는 태양 전지 기판을 위한 광섬유 프리폼 또는 석영 튜브 생산.

요점:

코어 로드는 표면 품질에 영향을 미치는 석영 잔류물을 방지하기 위해 정기적으로 청소해야 합니다.

긴 서비스 수명을 위한 수소 또는 불활성 분위기 보호.

정밀 가공은 코어 로드의 진원도와 직진도를 보장하고 고정밀 석영 제품의 요구 사항을 충족합니다.

5.1.2 단결정 실리콘 웨이퍼의 제조

단결정 실리콘 웨이퍼는 반도체 칩 제조의 핵심 재료이며 텅스텐 막대는 Czochralski 단결정 용광로에서 발열체, 지지대 또는 시드 클램핑 로드로 사용됩니다.

앱 기능:

재료 요구 사항 : 고순도 텅스텐 막대 (순도 $\geq 99.95\%$), 직경 5-20 mm, 실리콘 용융물의 오염을 방지합니다.

기능: 종자 결정 클램핑 로드로서 실리콘 종자 결정을 고정하고 단결정의 성장을 안내할 수 있습니다. 발열체로서 2300°C 의 고온을 견디고 안정적인 열장을 제공합니다.

장점: 높은 화학적 안정성은 고순도 실리콘의 오염을 방지합니다. 고강도 및 크리프 저항은 장기간의 고온 작동을 지원합니다. 낮은 증기압은 진공 환경에 적합합니다.

일반적인 시나리오: 5nm 칩 제조를 위한 8-12 인치 단결정 실리콘 웨이퍼 생산.

요점:

텅스텐 막대는 불순물의 유입을 피하기 위해 클린 룸에서 가공하고 보관해야 합니다.

클램핑 로드는 시드 결정과의 완벽한 정렬을 보장하기 위해 높은 정밀도로 가공해야 합니다.

곡물 성장이 성능에 영향을 미치지 않도록 발열체를 정기적으로 교체하십시오.

저작권 및 법적 책임 선언문

5.1.3 희토류 원소 정화

희토류 원소 (예 : 란타넘, 세륨, 네오디뮴)는 새로운 에너지, 자성 재료 및 촉매 분야에서 필수적이며, 텅스텐 막대는 희토류 정제를 위해 전해로 또는 고온 용광로의 전극 또는 도가니 지지체로 사용됩니다.

앱 기능:

재료 요구 사항 : 순수 텅스텐 막대 또는 도핑 된 텅스텐 막대 (세륨 또는 란탄 도핑, 0.5-2 wt %), 직경 10-30 mm.

기능 : 전극으로서, 텅스텐 막대는 전해 정화에 안정된 전류를 제공합니다. 지지대로서 1600–2000°C의 고온을 견디고 구조를 그대로 유지합니다.

장점 : 강한 내식성, 희토류 용융 침식에 대한 내성; 도핑 된 텅스텐 막대는 아크 안정성을 향상시키고 전극 수명을 연장합니다. 고밀도는 기계적 안정성을 보장합니다. 일반적인 시나리오: 풍력 또는 자동차 배기 촉매용 영구 자석용 고순도 란타넘(La) 또는 세륨(Ce) 생산.

요점:

도핑된 텅스텐 로드는 일관된 아크 성능을 보장하기 위해 균일하게 도핑되어야 합니다.

전극의 표면은 희토류 잔류물을 줄이기 위해 연마해야 합니다.

전해로는 텅스텐 막대의 산화를 방지하기 위해 불활성 분위기가 필요합니다.

5.1.4 사파이어 크리스탈 용광로용 텅스텐 도가니

사파이어 결정(Al_2O_3)은 LED 기판 및 광학 창의 핵심 재료이며, 텅스텐 막대는 2200–2400°C의 온도를 견디는 사파이어 결정 성장로에서 도가니 또는 지지체로 가공됩니다.

앱 기능:

재료 요구 사항 : 고순도 텅스텐 막대 (순도 $\geq 99.95\%$), 직경 20-100 mm, 도가니로 가공한 후 표면 거칠기 Ra 1.6-3.2 μm .

기능: 텅스텐 도가니에는 용융 알루미늄이 포함되어 있으며 지지대는 도가니 또는 종자 결정을 고정하고 열장을 안정적으로 유지하며 단결정의 성장을 촉진합니다.

장점: 높은 용점과 크리프 저항은 도가니가 변형되지 않도록 합니다. 열팽창 계수가 낮으면 열 응력이 감소합니다. 고밀도는 기계적 지원을 제공합니다.

일반적인 시나리오: LED 조명 또는 스마트폰 화면용 4-6인치 사파이어 크리스탈 생산.

요점:

도가니는 매끄러운 내벽을 보장하고 결정 결함을 줄이기 위해 정밀 가공되어야 합니다.

진공 또는 수소 보호는 텅스텐 도가니의 산화를 방지합니다.

균열이 결정의 품질에 영향을 미치지 않도록 도가니를 정기적으로 검사해야 합니다.

5.2 텅스텐 막대는 군사 및 국방에 사용됩니다

텅스텐 막대의 높은 밀도와 강도는 군사 및 방위 분야, 특히 갑옷 피어싱 코어 및 고

저작권 및 법적 책임 선언문

폭발성 텅스텐 막대에서 중요한 응용 분야입니다.

5.2.1 철갑 코어

갑옷 피어싱 코어는 탱크 총 또는 대갑옷 무기에 사용되며, 텅스텐 합금 막대는 높은 밀도와 경도로 인해 이상적인 재료입니다.

앱 기능:

재료 요구 사항 : 텅스텐 합금 막대 (W-Ni-Fe 또는 W-Ni-Cu, 텅스텐 함량 90-95 중량 %), 밀도 18.0-18.5 g/cm³, 직경 10-30 mm.

기능: 코어는 고속 충격(>1500m/s)에서 갑옷을 관통하고 고밀도에 의존하여 운동 에너지를 제공하며 높은 경도로 인해 파편화되지 않습니다.

장점: 열화 우라늄 코어보다 환경 친화적이며 밀도는 우라늄(19.1g/cm³)에 가깝습니다. 우수한 인장 강도(800-1200 MPa)로 충격 안정성을 보장합니다. 가공 성능이 우수하고 성형이 용이합니다.

일반적인 시나리오 : 120mm 탱크 포탄 또는 대전차 미사일 탄두.

요점:

합금 비율은 밀도와 인성 사이의 균형을 보장하기 위해 최적화되어야 합니다.

코어는 고정밀로 가공해야 하며 직경 공차는 0.05mm±.

표면 연마는 공기 저항을 줄이고 범위를 증가시킵니다.

5.2.2 고 폭발성 텅스텐 막대

고폭발성 텅스텐 막대 ("운동 막대" 또는 "신의 흄" 개념이라고도 함)는 텅스텐 막대를 사용하여 우주 또는 높은 고도에서 던지는 가상의 고속 운동 무기로, 중력 가속도와 밀도에 의존하여 엄청난 파괴력을 생성합니다.

앱 기능:

재료 요구 사항 : 순수 텅스텐 막대 또는 텅스텐 합금 막대, 밀도 19.0-19.25 g/cm³, 직경 50-100 mm.

기능 : 텅스텐 막대는 높은 고도 (> 10km)에서 초음속 (>마하 100)으로 목표물을 명중하여 소형 핵 폭탄에 해당하는 운동 에너지를 방출하여 지하 요새 또는 군사 시설을 파괴합니다.

장점: 고밀도는 거대한 운동 에너지를 제공합니다. 높은 용점은 재진입 중 마찰열(>2000°C)을 견딥니다. 방사성이 없으며 국제 규정을 준수합니다.

일반적인 시나리오: 이론적으로 지휘 센터나 핵 시설과 같은 고부가가치 표적에 대한 정밀 타격에 사용됩니다.

요점:

텅스텐 막대는 재진입 절제를 방지하기 위해 고온 저항으로 코팅해야 합니다.

치수와 중량은 안정적인 궤적을 보장하기 위해 정밀하게 설계되어야 합니다.

투척 시스템은 착지 지점 오류를 제어하기 위해 고정밀 유도가 필요합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD
Tungsten Rods Introduction

1. Overview of Tungsten Rods

Tungsten rods are high-performance metallic bars made from tungsten powder (purity $\geq 99.95\%$) using powder metallurgy processes such as pressing, sintering, and swaging. With their extremely high melting point, excellent mechanical properties, and outstanding chemical stability, tungsten rods are widely used in industrial fields that demand extreme conditions.

2. Characteristics of Tungsten Rods

- ✓ Ultra-high melting point: Up to 3410°C, suitable for extreme high-temperature environments
- ✓ Excellent strength and hardness: Maintains mechanical performance even at temperatures
- ✓ Good thermal and electrical conductivity: Ideal for precision applications in electronics and heating systems
- ✓ High-density material: Suitable for counterweights and radiation shielding
- ✓ Corrosion and wear resistance: Long service life and excellent stability
- ✓ Low thermal expansion coefficient: Suitable for precision structural components

3. The Main Applications Tungsten Rods

- ✓ Aerospace and defense: Rocket nozzles, armor-piercing projectile cores, high-temperature structural parts
- ✓ Electronics industry: Cathodes, heat sinks, electrodes, contact materials
- ✓ High-temperature furnaces and metallurgy: Heating elements for vacuum furnaces, tungsten crucibles, support components
- ✓ Medical technology: Radiation shielding parts, precision surgical instruments
- ✓ Mechanical engineering: Counterweights, mold inserts, vibration dampers
- ✓ Scientific research equipment: Ultra-high temperature reactors, physical property testing components

4. Basic Data of Tungsten Rods

Item	Parameter
Density	19.3 g/cm ³
Hardness (Vickers HV)	340–400 HV
Electrical Conductivity (20°C)	~30% IACS
Thermal Conductivity	~170 W/(m·K)
Coefficient of Thermal Expansion	~4.5 x 10 ⁻⁶ /K
Diameter Range	Ø1.0 mm – Ø100 mm (customizable)
Length Range	100 mm – 1000 mm (up to 2000 mm maximum)
Surface Condition	As-sintered (black), ground, polished

5. Procurement Information

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

Website: www.tungsten.com.cn

저작권 및 법적 책임 선언문

5.3 텅스텐 막대는 전자 및 조명에 사용됩니다.

텅스텐 막대는 높은 용점, 전기 전도성 및 낮은 증기압을 기반으로 텅스텐 필라멘트, 전극 및 스퍼터링 타겟에 널리 사용됩니다.

5.3.1 텅스텐 필라멘트 (필라멘트, 지지선)

텅스텐 필라멘트는 백열등, 할로겐 램프 및 특수 광원의 핵심 구성 요소이며 텅스텐 막대 도면으로 만들어집니다.

앱 기능:

재료 요구 사항 : 순수 텅스텐 막대 (순도 $\geq 99.9\%$), 0.01-0.1 mm 직경의 텅스텐 와이어로 그려집니다.

기능: 필라멘트는 2500-2800°C 의 고온에서 빛을 방출하여 고효율 광원을 제공합니다. 지지선은 필라멘트를 고정하여 구조를 안정적으로 유지합니다.

장점: 높은 용점은 필라멘트가 녹지 않도록 합니다. 낮은 증기압은 증발을 줄이고 수명을 연장합니다. 우수한 전기 전도성(18% IACS)은 효율적인 발광을 지원합니다.

일반적인 장면: 자동차 할로겐 헤드라이트, 프로젝터 전구, 무대 조명.

요점:

텅스텐 필라멘트는 연성을 향상시키기 위해 여러 번 어닐링해야 합니다.

필라멘트는 국부적인 과열 및 파손을 방지하기 위해 균일하게 그려져야 합니다.

불활성 가스(예: 아르곤)는 전구를 채우고 텅스텐 증발을 감소시킵니다.

5.3.2 전극 (텅스텐 전극, 희토류 텅스텐 전극)

텅스텐 막대는 전극으로 가공되며 아르곤 아크 용접 (TIG), 플라즈마 용접 및 전자 장비에 널리 사용됩니다.

앱 기능:

재료 요구 사항 : 도핑 된 텅스텐 막대 (예 : 세륨 도핑 된 WC20, 란타넘 도핑 된 WL20, 토륨 도핑 된 WT20), 직경 1-5 mm.

기능: 전극은 고온 아크(>6000°C)에서 안정적인 전류를 제공하여 아크를 점화하고 유지하여 용접 또는 플라즈마 절단에 적합합니다.

장점 : 아크 안정성을 향상시키고 연소 손실을 줄이기 위해 도핑 된 텅스텐 막대; 높은 아크 온도를 견디는 높은 용점; 희토류 도핑(예: CeO₂)은 토륨 도핑된 전극에 비해 방사성이 없고 환경 친화적입니다.

일반적인 시나리오: 스테인리스강 또는 알루미늄 합금 용접, 반도체 장비 제조의 플라즈마 처리.

요점:

전극 팁은 아크 농도를 최적화하기 위해 테이퍼 모양으로 연마해야 합니다.

일관된 성능을 보장하기 위해 도펀트가 고르게 분포되어야 합니다.

토륨 도핑된 전극은 보호되어야 하며 방사능 규정을 준수해야 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

5.3.3 스퍼터링 타겟

텅스텐 막대는 반도체 및 광학 장치를 생산하기 위해 PVD (Physical Vapor Deposition) 코팅을 위한 스퍼터링 타겟으로 가공됩니다.

앱 기능:

재료 요구 사항 : 고순도 텅스텐 막대 (순도 $\geq 99.95\%$), 직경 50-100 mm.

기능: 대상은 진공 챔버에서 고에너지 이온으로 충격을 받아 기관에 증착된 텅스텐 원자를 방출하여 전도성 또는 보호 코팅을 형성합니다.

장점: 고순도는 코팅에 불순물이 없음을 보장합니다. 진공 환경에 적합한 낮은 증기압; 고밀도는 목표 수명을 증가시킵니다.

일반적인 시나리오: 3-5nm 칩용 인터커넥트 레이어 생산 및 반사 방지 광학 코팅 제조.

요점:

대상 재료는 칩의 오염을 방지하기 위해 초고순도여야 합니다.

입자 결함을 줄이기 위해 표면을 전기 연마해야 합니다.

잔류 텅스텐을 회수하기 위해 대상 물질을 정기적으로 교체해야 합니다.

5.4 텅스텐 막대는 자동차 및 항공 우주에 사용됩니다.

자동차 및 항공 우주 분야에서 텅스텐 막대의 적용은 주로 복잡한 작업 조건의 요구를 충족시키기 위해 고밀도, 고강도 및 고온 저항을 사용합니다.

5.4.1 자동차 자동화 부품

텅스텐 막대는 효율성과 성능을 향상시키기 위해 균형추, 용접 전극 및 자동화 구성 요소를 위해 자동차 제조에 사용됩니다.

앱 기능:

재료 요구 사항 : 텅스텐 합금 막대 (W-Ni-Fe, 밀도 $18.0-18.5 \text{ g/cm}^3$) 또는 도핑 된 텅스텐 막대 (WC20), 직경 5-20 mm.

기능: 균형추(예: 크랭크축 균형추)는 엔진 진동을 최적화합니다. 텅스텐 전극은 저항 스폿 용접에 사용되며 몸체 강판을 연결합니다. 고밀도 부품은 내마모성을 향상시키기 위해 자동 변속기에 사용됩니다.

장점: 고밀도는 구성 요소 부피를 줄입니다. 높은 경도 (350-500 HV)는 마모를 견딥니다. 도핑 된 텅스텐 전극은 용접 안정성을 향상시킵니다.

일반적인 시나리오: 신에너지 자동차 배터리 팩 용접, 엔진 카운터웨이트 최적화.

요점:

균형추는 $\pm 0.1\text{g}$ 의 제어된 중량 허용 오차로 정밀 가공되어야 합니다.

팁 모양을 유지하기 위해 용접 전극을 정기적으로 연마해야 합니다.

구성 요소는 습기와 염수 분무에 저항하기 위해 부식 방지 코팅으로 코팅해야 합니다.

5.4.2 항공우주 고온 부품

텅스텐 막대는 극한 환경의 요구 사항을 충족하기 위해 고온 스톱스터, 풍동 테스트

저작권 및 법적 책임 선언문

구성 요소 및 평형추에 대한 항공 우주 산업에 사용됩니다.

앱 기능:

재료 요구 사항 : 순수 텅스텐 막대 또는 텅스텐 합금 막대, 밀도 19.0-19.25 g / cm³, 직경 10-50 mm.

기능: 노즐 라이닝은 플라즈마 스퍼스터 (>2000°C)의 고온을 견딥니다. 균형추에 의한 무게 중심의 최적화(예: 위성 균형 추); 풍동 테스트 구성 요소는 열 변형에 강합니다.

장점: 높은 용점과 크리프 저항은 고온 안정성을 보장합니다. 고밀도는 효율적인 평형추를 제공합니다. 열팽창 계수가 낮으면 열 응력이 줄어듭니다.

일반적인 시나리오: 이온 추진기 노즐, 우주선 자세 제어 평형추.

요점:

구성 요소는 산화를 방지하기 위해 고온 내성 코팅으로 코팅해야 합니다.

균형추는 정확한 무게 중심을 보장하기 위해 높은 정밀도로 가공해야 합니다.

풍동 구성 요소는 공기 흐름의 방해물을 줄이기 위해 연마해야 합니다.

5.5 텅스텐 막대는 의료 및 과학 연구에 사용됩니다.

의료 및 과학 연구 분야에서 텅스텐 막대의 적용은 주로 고밀도, 고온 저항 및 화학적 안정성을 기반으로 하여 고정밀 및 특수 환경의 요구를 충족시킵니다.

5.5.1 의료기기(방사선 차폐)

텅스텐 막대는 의료 종사자와 환자를 보호하기 위해 X 선, CT 및 방사선 치료 장비에 널리 사용되는 방사선 차폐막으로 가공됩니다.

앱 기능:

재료 요구 사항 : 텅스텐 합금 막대 (W-Ni-Cu, 밀도 18.0-18.5 g / cm³), 직경 10-50 mm.

기능: 차폐는 고에너지 X 선 또는 감마선을 흡수하여 납 차폐를 대체하고 더 높은 보호 효율을 제공합니다.

장점: 고밀도는 우수한 차폐 성능을 제공하며 납보다 30% 더 작은 부피를 제공합니다. 무독성, 의료 및 환경 보호 요구 사항에 따라; 고강도는 장기간 사용을 견딥니다.

일반적인 장면 : CT 기계 시준기, 종양 방사선 치료 장비 방패.

요점:

차폐는 깎을 최소화하기 위해 정밀 가공되어야 합니다.

먼지가 의료 환경을 오염시키는 것을 방지하기 위해 표면을 연마해야 합니다.

합금은 무연이어야 하며 RoHS 를 준수해야 합니다.

5.5.2 실험 장비 (고온 실험)

텅스텐 막대는 진공로, 초전도 실험 및 플라즈마 연구와 같은 고온 실험 장비의 과학 연구에 사용됩니다.

앱 기능:

저작권 및 법적 책임 선언문

재료 요구 사항 : 고순도 텅스텐 막대 (순도 $\geq 99.95\%$) 또는 도핑 된 텅스텐 막대, 직경 5-20 mm.

기능: 발열체로서 2500°C 이상의 고온을 견딥니다. 전극으로서 안정적인 전류를 제공합니다. 이를 위해 실험 설정을 안정적으로 유지하십시오.

장점: 낮은 증기압은 깨끗한 진공 환경을 보장합니다. 높은 용점은 극한의 온도를 지원합니다. 화학적 안정성은 실험적 오염을 방지합니다.

일반적인 시나리오: 고온 초전도 재료 테스트, 핵융합 플라즈마 실험.

요점:

텅스텐 막대는 불순물이 실험을 방해하는 것을 방지하기 위해 초고순도 여야합니다. 아크 불안정성을 줄이기 위해 전극을 연마해야 합니다.

진공로는 텅스텐 막대의 산화를 방지하기 위해 정기적인 유지 보수가 필요합니다.

5.6 텅스텐 막대는 다른 분야에서 사용됩니다.

텅스텐 막대는 또한 스포츠 용품, 보석 및 특수 도구에 독특한 응용 프로그램을 가지고 있으며 다양성을 반영합니다.

5.6.1 스포츠 용품 (텅스텐 카바이드 다트)

텅스텐 합금 막대는 경쟁력있는 성능을 향상시키기 위해 하이 엔드 다트를 만드는 데 사용됩니다.

앱 기능:

재료 요구 사항 : 텅스텐 합금 막대 (W-Ni-Cu, 밀도 18.0-18.5 g/cm³), 직경 5-10 mm.

기능 : 다트의 몸체는 고밀도를 사용하여 작은 부피와 높은 무게를 달성하여 던지기의 안정성과 정확성을 최적화합니다.

장점: 고밀도, 전통적인 황동 다트보다 작으며 밀집된 대상 영역에 적합합니다. 반복되는 충격을 견딜 수 있는 높은 경도; 개인의 요구에 맞게 사용자 정의할 수 있습니다.

전형적인 장면 : 전문 다트 대회, 고급 엔터테인먼트 장비.

요점:

다트는 무게 분포를 제어하기 위해 정밀하게 회전해야 합니다.

미학과 느낌을 개선하기 위해 표면을 연마하거나 도금해야 합니다.

합금 비율은 인성을 보장하고 파손을 방지하기 위해 최적화되어야 합니다.

5.6.2 주얼리 (텅스텐 카바이드 주얼리)

텅스텐 합금 막대는 반지, 팔찌 및 기타 보석으로 가공되며, 이는 아름답고 내구성이 뛰어납니다.

앱 기능:

재료 요구 사항 : 텅스텐 합금 막대 (W-Ni-Cu 또는 W-C, 밀도 18.0-18.5 g/cm³), 직경 5-20 mm.

기능: 보석은 높은 경도와 내식성을 사용하여 긁힘 방지 및 내구성을 제공합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

높은 밀도는 차분한 느낌을줍니다.

장점: 스테인리스 스틸 또는 티타늄보다 내마모성이 뛰어납니다. 거울 효과로 연마 할 수 있습니다. 무독성이며 민감한 피부를 가진 사람들에게 적합합니다.

전형적인 장면 : 결혼 반지, 기념 팔찌, 고급 패션 주얼리.

요점:

보석은 높은 정밀도와 $0.05\text{mm}\pm$ 치수 공차로 가공해야 합니다.

표면은 내산화성을 향상시키기 위해 전기 도금 또는 CVD 코팅이 필요합니다.

과도한 무게가 착용감에 영향을 미치지 않도록 무게에 민감해야 합니다.

5.6.3 특수 도구 및 금형

텅스텐 막대는 고강도 산업 가공을 위해 절삭 공구, 스탬핑 다이 또는 내마모성 부품으로 가공됩니다.

앱 기능:

재료 요구 사항 : 순수 텅스텐 막대 또는 텅스텐 합금 막대, 밀도 $19.0\text{-}19.25\text{ g / cm}^3$, 직경 5-30 mm.

기능 : 단단한 재료 절단 (예 : 세라믹, 합금강); 자동차 부품 또는 전자 부품의 다이 스탬핑; 내마모성 부품은 광산 장비에 사용됩니다.

장점: 높은 경도(350-500 HV) 내마모성; 고강도는 높은 하중을 지원합니다. 내식성 및 장수명.

일반적인 시나리오: 항공 부품 가공, 전자 칩 금형 제조.

요점:

절단기는 절삭날이 날카롭도록 다이아몬드 연마되어야 합니다.

금형은 가공 응력을 완화하기 위해 열처리해야 합니다.

재료 접착력을 줄이기 위해 표면을 연마하거나 코팅해야 합니다.



저작권 및 법적 책임 선언문

Chapter 6 : 텅스텐 막대 생산 설비

텅스텐 막대의 생산은 텅스텐의 높은 용점 (3410 ° C), 고밀도 (19.25 g / cm³) 및 경도 (350-500 HV)가 고정밀, 고효율 및 고품질 생산을 달성하기 위해 특수 장비를 필요로 하기 때문에 매우 높은 장비 성능을 필요로 하는 원료 가공에서 완제품 가공에 이르는 복잡한 공정 체인을 포함합니다. 이 장에서는 분말 야금 장비 (믹서, 프레스, 고온 소결로), 변형 가공 장비 (에어 해머, 전기 유압 해머, 로터리 스웨이 징 기계, 열간 압출 기계, 압연기, 드로잉 머신), 후 처리 장비 (열처리로, 연마 및 세척 장비, 정밀 가공 장비), 고급 생산 장비 (플라즈마 소결) 장비, 진공 용해로, 자동 제어 시스템) 및 장비 선택 및 유지 보수를 위한 실용적인 가이드.

6.1 텅스텐 막대용 분말 야금 장비

분말 야금은 텅스텐 분말의 혼합, 압착 및 고온 소결을 포함하는 텅스텐 막대 생산의 기본 공정이며 사용되는 장비는 분말 균일 성, 빌릿 소형화 및 고온 안정성을 보장해야 합니다.

6.1.1 믹서

믹서는 텅스텐 분말을 도펀트 (예 : 세륨 산화물, 란탄 산화물) 또는 바인더 (예 : 폴리 비닐 알코올)와 균질 하게 혼합하여 후속 프레스를 위한 고품질 원료를 제공하는 데 사용됩니다.

장비 특징:

유형: V-믹서, 유성 볼 밀 또는 50-500L 부피의 3 차원 믹서로 중소 규모 생산 생산에 적합합니다.

작동 원리 : 분말은 회전 또는 진동에 의해 용기에서 텀블러되고 유성 볼 밀은 2-8 시간의 혼합 시간으로 고속 분쇄로 마이크론 수준의 혼합을 달성합니다.

공정 적응 : V 형 믹서는 순수한 텅스텐 분말 또는 낮은 도핑 량 (<1 중량 %)에 적합합니다. 볼 밀은 오염을 방지하기 위해 분쇄 매체(텅스텐 또는 지르코니아 볼)를 제어해야 하는 고농도 도핑(예: 2 wt% CeO₂) 또는 나노 크기 분말에 적합합니다.

주요 매개변수: 50-300 rpm, 청결도(ISO 7 환경), 불활성 가스(예: 질소)에 의한 산화 방지.

산업 관행 :

믹서의 내벽은 철 오염을 줄이기 위해 스테인레스 스틸 또는 텅스텐 합금으로 라이닝해야 합니다.

텅스텐 분말이 날아가는 것을 방지하기 위해 집진 시스템을 갖추고 있습니다.

혼합물 균질성(예: SEM 분석)을 정기적으로 점검하여 일관된 도펀트 분포를 보장합니다.

6.1.2 프레스

프레스는 혼합된 텅스텐 분말을 막대 모양의 블랭크로 눌러 소결을 위한 초기 모양과 밀도를 제공합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

장비 특징:

유형: 유압 성형 프레스로 보완된 주 프레스로 냉간 등압 프레스(CIP), 압력 범위 100-300 MPa.

작동 원리 : CIP 는 유연한 몰드 (고무 또는 폴리 우레탄)를 통해 액체 매체 (물 또는 오일)에 균일 한 압력을 가하여 직경 20-100 mm 의 블랭크를 압착합니다. 성형기는 강철 다이를 사용하여 직접 압착되며 작은 직경(<20mm)에 적합합니다.

공정 적응: CIP 는 이론적 밀도가 50-60%인 대형 또는 복잡한 모양의 블랭크에 적합합니다. 성형기는 $\pm 0.1\text{mm}$ 의 공차로 고정밀 소량 생산에 적합합니다.

주요 매개변수: 압력 제어 정확도 $\pm 1\text{MPa}$, 가압 속도 0.5-1mm/s, 결함을 줄이기 위해 금형 표면을 매끄럽게 합니다.

산업 관행 :

CIP 금형은 변형이 블랭크의 품질에 영향을 미치지 않도록 정기적으로 교체해야 합니다.

성형기에는 분말 사이의 공기를 제거하기 위해 진공 탈기 장치가 장착되어 있어야 합니다.

누른 후 블랭크를 X-레이로 촬영하여 내부 균열이나 모공을 확인해야 합니다.

6.1.3 고온 소결로

고온 소결로는 프레스 블랭크를 2000-2800 °C 로 가열하여 텅스텐 분말 입자를 결합하여 고밀도 막대를 형성합니다.

장비 특징:

유형: 0.1-1m³의 용광로 부피를 가진 수소 차폐, 진공 소결 또는 유도로.

작동 원리 : 저항 또는 유도 가열을 통해 고순도 수소 (99.999 %)가 용광로 또는 진공 (10^{-3} - 10^{-5} Pa)에 도입되고 빌릿은 90-95 %의 밀도로 고온에서 분산됩니다.

공정 적응 : 수소로는 순수한 텅스텐 막대에 적합하며 비용이 저렴합니다. 진공로는 불순물의 흡착을 줄이기 위해 고순도 텅스텐 막대에 적합합니다. 유도로는 1-3 시간의 유지 시간으로 빠른 소결에 적합합니다.

주요 매개변수: 온도 제어 정확도 $\pm 10^{\circ}\text{C}$, 냉각 속도 10-20°C/min, 용광로 재료 몰리브덴 또는 흑연.

산업 관행 :

퍼니스 챔버는 텅스텐 증기 침전물을 제거하기 위해 정기적으로 청소해야 합니다.

산소 함량(<10ppm)을 실시간으로 감지할 수 있는 대기 모니터링 시스템을 갖추고 있습니다.

소결 후 바는 내부 결함이 없는지 확인하기 위해 초음파로 검사됩니다.

6.2 텅스텐 막대 변형 가공 장비

변형 가공 장비는 단조, 압출, 압연 및 드로잉을 포함하는 고온 기계적 변형을 통해 텅스텐 막대의 밀도와 강도를 향상시킵니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

6.2.1 에어 해머 및 전기 유압 해머

에어 해머 및 전기 유압식 해머는 열간 단조 텅스텐 바 블랭크, 예비 성형 및 밀도 증가에 사용됩니다.

장비 특징:

유형 : 에어 해머 (0.5-5 톤), 전기 유압 해머 (1-10 톤), 직경 20-100 mm 의 바에 적합합니다.

작동 원리 : 에어 해머는 압축 공기로 해머 헤드를 구동하고 전기 유압식 해머는 유압 시스템을 통해 더 높은 정밀도와 힘 (50-200kN)을 제공하여 1200-1500 ° C 에서 패스 당 10-20 %의 변형으로 여러 패스로 단조합니다.

공정 적용 : 에어 해머는 중소 규모 생산, 저렴한 비용으로 적합합니다. 전기 유압식 해머는 제어 정확도가 높고 균열이 감소된 대형 바에 적합합니다.

주요 매개 변수 : 단조 빈도 10-30 회 / 분, 수소 보호로 가열, 금형 재료는 몰리브덴 합금입니다.

산업 관행 :

일정한 단조 온도를 유지하기 위해 인덕션 히터가 장착되어 있습니다.

바 표면의 움푹 들어간 곳을 방지하기 위해 해머 헤드를 정기적으로 매끄럽게 해야 합니다.

단조 (1000-1200 °C) 후 어닐링으로 응력을 완화합니다.

6.2.2 로터리 스웨이징 기계

회전식 스웨이징 기계는 회전 다이를 통해 텅스텐 막대의 고정밀 단조를 실현하며, 이는 중소형 막대에 적합합니다.

장비 특징:

유형 : CNC 로터리 스웨이징 머신, 가공 직경 5-50mm, 고주파 유도 가열이 장착되어 있습니다.

작동 원리 : 텅스텐 막대는 1200-1400 °C 에서 회전하고 금형은 다방향 압력을 가하여 점차적으로 직경을 줄이고 변형이 균일하며 밀도는 19.0-19.25 g / cm³에 이릅니다.

공정 적용 : 고순도 텅스텐 막대 또는 ± 0.05 mm 의 허용 오차를 가진 도핑 된 텅스텐 막대에 적합합니다.

주요 매개변수: 회전 속도 100-500rpm, 압력 10-50kN, 금형 수명 약 1000 사이클.

산업 관행 :

금형은 고온 마모를 견딜 수 있도록 몰리브덴 기반 또는 세라믹 코팅이 필요합니다.

장비가 과열되는 것을 방지하기 위해 냉각 시스템을 갖추고 있습니다.

회전식 스웨이징 후에는 직진도를 유지하기 위해 바를 곧게 펴야 합니다.

6.2.3 열간 압출기

열간 압출 기계는 높은 밀도와 강도로 큰 사양 또는 복잡한 단면을 가진 텅스텐 막대를 형성하는 데 사용됩니다.

장비 특징:

유형: 유압 압출기, 압력 500-1200 MPa, 직경 20-100 mm 에 적합합니다.
 작동 원리 : 텅스텐 바 블랭크는 1300-1600 °C 로 예열되고 압출 비율이 5 : 1-10 : 1 인 다이로 압출됩니다.
 공정 적용 : 텅스텐 합금 막대 또는 대형 순수 텅스텐 막대에 적합, 수소 또는 아르곤 보호는 산화를 방지하기 위해 필요합니다.
 주요 매개변수: 압출 속도 0.1-0.5mm/s, 금형 재료 몰리브덴 또는 세라믹, 온도 제어 정확도 ± 20°C.

산업 관행 :

금형은 마모를 줄이기 위해 정기적으로 윤활해야 합니다(흑연 또는 이황화 몰리브덴).
 생산 효율성을 향상시키기 위해 자동 공급 시스템을 갖추고 있습니다.
 압출 후에는 균열을 방지하기 위해 바를 천천히 냉각해야 합니다.

6.2.4 압연기 및 드로잉 머신

압연기 및 드로잉 밀은 고정밀 및 우수한 표면 품질을 가진 중소형 텅스텐 막대 또는 텅스텐 와이어를 생산하는 데 사용됩니다.

압연기 특징 :

유형: 가공 직경이 5-20mm 인 열간 압연기(1000-1300°C) 또는 냉간 압연기(<500°C).
 작동 원리 : 텅스텐 막대는 매번 15-25 %의 변형으로 롤 (몰리브덴 합금 또는 초경합금)을 여러 번 통과하여 감소합니다.
 공정 적용 : 열간 압연은 순수 텅스텐 막대에 적합하며, 냉간 압연은 ± 0.02 mm 의 허용 오차로 고정밀 도핑 된 텅스텐 막대에 적합합니다.
 주요 매개변수: 롤 속도 50-200rpm, 어닐링 온도 900-1100°C.

그립 기계의 특징 :

유형 : 멀티 다이 드로잉 머신, 가공 직경 0.01-5mm, 다이아몬드 다이 장착.
 작동 원리 : 텅스텐 막대는 800-1000 °C 에서 다이로 5-10 %의 직경 감소로 그려지며 윤활제는 흑연 또는 이황화 몰리브덴입니다.
 공정 적용 : 텅스텐 와이어 또는 작은 직경의 전극에 적합합니다.
 주요 매개 변수 : 드로잉 속도 1-5m / min, 공구 수명 약. 500kg 텅스텐 막대.

산업 관행 :

롤과 다이는 정확성을 유지하기 위해 정기적으로 교체해야 합니다.
 직경과 표면 품질을 모니터링하기 위한 인라인 검사 시스템이 장착되어 있습니다.
 도면은 파손을 방지하기 위해 다중 어닐링이 필요합니다.

6.3 텅스텐 막대의 후 처리 장비

후처리 장비는 텅스텐 막대의 성능, 표면 품질 및 치수 정확도를 최적화하고 열처리, 연마, 세척 및 정밀 가공을 포함합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

6.3.1 열처리

열처리로는 어닐링 또는 노화 처리, 가공 응력 완화 및 미세 구조 최적화에 사용됩니다.

장비 특징:

유형: 용광로 부피가 0.05-0.5m³인 진공 열처리 또는 수소 보호로.

작동 원리 : 저항 또는 유도에 의한 가열, 온도 800-1600 °C, 보온 0.5-4 시간, 냉각 속도 10-20 °C / min.

공정 적용: 응력 제거 어닐링(1000-1200°C) 막대 단조 또는 압출에 적합합니다. 재결정 어닐링(1400-1600°C)은 막대를 그리는 데 적합합니다. 노화 처리(800-1000°C)는 도핑된 텅스텐 막대에 적합합니다.

주요 매개 변수 : 온도 정확도 ±5 °C, 진공 10⁻⁵ Pa 또는 수소 순도 99.999 %.

산업 관행 :

용광로는 몰리브덴 또는 흑연으로 만들어지며 고온 부식에 강합니다.

산화를 방지하기 위해 대기 제어 시스템을 갖추고 있습니다.

열처리 후 바는 성능을 확인하기 위해 경도 테스트를 거쳐야 합니다.

6.3.2 연마 및 청소 장비

연마 및 세척 장비는 텅스텐 막대의 표면 품질을 향상시키고 고정밀 응용 분야의 요구 사항을 충족합니다.

닦는 장비:

유형 : 기계 연마 기계 (다이아몬드 연삭 휠), 화학 연마 탱크, 전해 연마 장비.

작동 원리 : 기계적 연마는 연마재를 통해 표면 결함을 제거합니다. 화학적 연마는 10-30 초 동안 담근 불산/질산 혼합물(1:3)을 사용합니다. 전해 연마는 텅스텐 막대를 양극 및 인산염 기반 전해질 처리로 사용하여 거울 효과를 얻습니다.

공정 적용 : 기계적 연마는 산업용 바에 적합합니다. 화학적 및 전해 연마는 고순도 텅스텐 막대 또는 전극에 적합합니다.

청소 장비:

유형 : 초음파 세척 기계, 플라즈마 세척 장비.

작동 원리 : 초음파 세척은 40kHz 초음파와 탈 이온수 (세척제 포함)로 5-10 분 동안 기름 얼룩을 제거합니다. 플라즈마 세정은 진공 챔버에서 아르곤 플라즈마를 사용하여 미량 오염 물질을 제거합니다.

공정 적용 : 초음파 세척은 기존 바에 적합합니다. 플라즈마 세정은 반도체용 고순도 텅스텐 막대에 적합합니다.

산업 관행 :

연마는 먼지 오염을 방지하기 위해 ISO Class 5 클린룸에서 수행됩니다.

화학 연마 수조는 폐액을 처리하기 위해 환기 시스템이 필요합니다.

청소 후에는 수분 흡수를 방지하기 위해 막대를 건조하고 밀봉해야 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD
Tungsten Rods Introduction

1. Overview of Tungsten Rods

Tungsten rods are high-performance metallic bars made from tungsten powder (purity $\geq 99.95\%$) using powder metallurgy processes such as pressing, sintering, and swaging. With their extremely high melting point, excellent mechanical properties, and outstanding chemical stability, tungsten rods are widely used in industrial fields that demand extreme conditions.

2. Characteristics of Tungsten Rods

- ✓ Ultra-high melting point: Up to 3410°C , suitable for extreme high-temperature environments
- ✓ Excellent strength and hardness: Maintains mechanical performance even at temperatures
- ✓ Good thermal and electrical conductivity: Ideal for precision applications in electronics and heating systems
- ✓ High-density material: Suitable for counterweights and radiation shielding
- ✓ Corrosion and wear resistance: Long service life and excellent stability
- ✓ Low thermal expansion coefficient: Suitable for precision structural components

3. The Main Applications Tungsten Rods

- ✓ Aerospace and defense: Rocket nozzles, armor-piercing projectile cores, high-temperature structural parts
- ✓ Electronics industry: Cathodes, heat sinks, electrodes, contact materials
- ✓ High-temperature furnaces and metallurgy: Heating elements for vacuum furnaces, tungsten crucibles, support components
- ✓ Medical technology: Radiation shielding parts, precision surgical instruments
- ✓ Mechanical engineering: Counterweights, mold inserts, vibration dampers
- ✓ Scientific research equipment: Ultra-high temperature reactors, physical property testing components

4. Basic Data of Tungsten Rods

Item	Parameter
Density	19.3 g/cm ³
Hardness (Vickers HV)	340–400 HV
Electrical Conductivity (20°C)	~30% IACS
Thermal Conductivity	~170 W/(m·K)
Coefficient of Thermal Expansion	~4.5 x 10 ⁻⁶ /K
Diameter Range	Ø1.0 mm – Ø100 mm (customizable)
Length Range	100 mm – 1000 mm (up to 2000 mm maximum)
Surface Condition	As-sintered (black), ground, polished

5. Procurement Information

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

Website: www.tungsten.com.cn

저작권 및 법적 책임 선언문

6.3.3 정밀가공장비(선반, 연삭기)

선반 특징 :

유형: 다이아몬드 공구 장비되는 높 정밀도 기계로 가공을 위해 적당한 CNC 선반 (CNC 기계).

작동 원리 : 텅스텐 막대는 직경 공차가 ± 0.05 mm 의 회전 절단으로 가공됩니다.

공정 적용: 대형 바 또는 항공 평형추와 같은 복잡한 형상 가공에 적합합니다.

주요 매개변수: 500-1500 rpm, 이송 0.1 mm/rev.

연삭기 특징 :

유형: 센터리스 그라인더, 센터 그라인더, 작은 직경의 바에 적합합니다.

작동 원리 : 직경 공차가 0.02 mm 인 연삭 휠 (다이아몬드 또는 세라믹) 연삭.

공정 적용: 센터리스 연삭기는 전극 또는 텅스텐 와이어 블랭크에 적합하고 센터 연삭기는 고정밀 금형 부품에 적합합니다.

주요 매개변수: 연삭 휠 속도 2000-3000rpm, 냉각수 오일 또는 수성.

산업 관행 :

공구와 연삭 휠은 정확도에 영향을 미치는 마모를 방지하기 위해 정기적으로 교체해야 합니다.

열 변형을 줄이기 위해 냉각 시스템을 갖추고 있습니다.

처리 후에는 이물질을 제거하기 위해 초음파 세척이 필요합니다.

6.4 텅스텐 막대 용 고급 생산 설비

최첨단 생산 장비는 텅스텐 로드와 품질과 효율성을 향상시키고 플라즈마 소결, 진공 용융 및 자동 제어를 포함한 업계의 기술 개척지를 나타냅니다.

6.4.1 플라즈마 소결 장비

장비 특징:

유형: 용광로 부피가 0.01-0.1m³인 스파크 플라즈마 소결로(SPS).

작동 원리 : 플라즈마는 1800-2200 °C 의 고온 및 50-100 MPa 의 압력과 결합 된 직류 펄스 (1000-5000 A)에 의해 생성되며 98 % 이상의 밀도로 빠르게 (5-15 분) 소결됩니다.

공정 적용 : 고순도 텅스텐 막대 또는 나노 도핑 텅스텐 막대에 적합하며 미세한 입자 (5-10 μ m)와 에너지 소비가 감소합니다.

주요 매개변수: 전류 펄스 주파수 50-100Hz, 진공 10⁻⁴ Pa, 금형 흑연 또는 텅스텐.

산업 관행 :

온라인 모니터링, 전류 및 온도의 실시간 제어를 갖추고 있습니다.

금형은 고온 및 고압에 견디어야 하며 정기적으로 점검해야 합니다.

SPS 후에는 컴팩트함을 보장하기 위해 바의 다공성을 테스트해야 합니다.

6.4.2 진공 용해로

장비 특징:

유형: 진공 전기로(VAR) 또는 전자빔 용해로(EBM) 부피가 0.05-0.5m³입니다.

작동 원리 : VAR 은 전기 아크 (10-30 kV)를 통해 진공 (10⁻⁵ Pa)에서 텅스텐 잉곳을

저작권 및 법적 책임 선언문

녹입니다. EBM 은 고 에너지 전자빔 (50-100kW)을 사용하여 용융되며 초 고순도 텅스텐에 적합합니다.

공정 적응 : VAR 은 텅스텐 합금 막대에 적합하며, EBM 은 고순도 텅스텐 막대 (순도 $\geq 99.999\%$)에 적합하여 가스 포함을 줄입니다.

주요 매개변수: 용융력 20-100kW, 냉각수 유량 10-50L/min.

산업 관행 :

초고진공을 유지하기 위해 진공 펌프가 장착되어 있습니다.

빙어 빌릿은 이물질을 제거하기 위해 X 선 검사를 받아야 합니다.

수명을 연장하기 위해 전극이나 전자총을 정기적으로 유지하십시오.

6.4.3 자동 제어 및 모니터링 시스템

장비 특징:

유형: PLC 제어 시스템, SCADA 모니터링 플랫폼, 통합 센서(온도, 압력, 대기).

작동 원리 : 센서를 통한 소결, 단조 또는 처리 데이터의 실시간 수집, PLC 는 매개변수를 조정하고 SCADA 는 원격 모니터링 및 데이터 분석을 제공합니다.

공정 적응 : 일관성과 효율성을 향상시키기 위해 소결, 압출, 연마 및 기타 공정을 포함하는 전체 공정 자동화에 적합합니다.

주요 매개변수: 온도 정확도 $\pm 1^{\circ}\text{C}$, 압력 정확도 $\pm 0.1\text{MPa}$, 데이터 샘플링 속도 1Hz.

산업 관행 :

시스템은 방진 및 방수가 되어야 하며 고온 환경에 적응해야 합니다.

데이터가 정확한지 확인하기 위해 센서를 정기적으로 보정하십시오.

프로세스 매개변수를 보호하기 위해 데이터 스토리지를 암호화해야 합니다.

6.5 텅스텐 막대의 장비 선택 및 유지 보수

장비 선택은 텅스텐 막대의 종류와 생산 수요에 따라 최적화되어야 하며 유지 보수 관리는 장비의 수명을 연장해야 합니다.

6.5.1 다양한 유형의 텅스텐 막대에 대한 장비 요구 사항

순수 텅스텐 막대 :

요구 사항: 표준 수소 소결로(2000-2800°C), 에어 해머 또는 열간 압연기, 저비용, 대량 생산에 적합합니다.

장비 특징 : CIP 프레스 (150 MPa), 기계 연마 기계, 내구성과 높은 출력을 강조.

적용 가능한 장면 : 석영로 코어 로드, 카운터 웨이트.

고순도 텅스텐 막대 :

요구 사항: 진공 소결로(10^{-5} Pa), SPS 또는 EBM, 회전식 스웨이징 기계 또는 CNC 선반으로 높은 청결도와 정밀도를 보장합니다.

장비 특징: 클린룸(ISO 클래스 5) 작동, 전해 연마 및 플라즈마 세척 장비.

적용 가능한 시나리오: 반도체 전극, 스퍼터링 타겟.

도핑 된 텅스텐 막대 :

저작권 및 법적 책임 선언문

요구 사항: 유성 밀(균질 도핑), 진공 열처리로(800-1200°C), 드로잉 머신(0.01-5mm).
장비 특징 : 토륨 도핑 텅스텐 막대는 방사성 관리 시설을 갖추고 있어야 하며 아르곤 성능의 최적화를 강조해야 합니다.

적용 가능한 시나리오: 용접 전극, 고온으로 구성 요소.

산업 관행 :

생산량에 따라 장비의 크기를 선택하십시오(예: R&D 를 위한 작은 용광로, 대량 생산을 위한 대형 용광로).

고순도 텅스텐 막대 장비는 클린 룸에서 격리해야 합니다.

도핑 된 텅스텐 막대는 다양한 도펀트 혼합 장비와 호환되어야 합니다.

6.5.2 장비 유지 보수 및 수명 관리

유지 관리 조치:

정기 검사: 매월 금형, 연삭 휠 및 도구의 마모를 확인하십시오. 분기별로 온도 및 압력 센서를 교정합니다.

청소 및 유지 보수 : 소결로는 텅스텐 증기 침전물을 제거하기 위해 6 개월마다 청소해야 합니다. 연마 잔류물을 방지하기 위해 연마 장비를 매주 청소해야 합니다.

운행 관리: 압출기 및 드로잉 기계에는 매월 고온 윤활제(예: 이황화 몰리브덴)를 보충해야 합니다. 유압 시스템의 오일 품질을 정기적으로 점검하십시오.

예방적 유지보수: 진동 모니터링을 통해 베어링 고장을 예측합니다. 적외선 온도계를 사용하여 장비의 과열 핫스팟을 감지하고 과열 손상을 방지하십시오.

예비 부품 관리: 가동 중지 시간을 줄이기 위해 중요한 구성 요소(예: 다이아몬드 다이, 몰리브덴 전극)를 비축합니다.

생활 관리:

금형 수명: 텅스텐 또는 압출은 약 1000-5000 회 다이되며 고온 내성 코팅(예: ZrO₂)을 정기적으로 적용해야 합니다.

용광로 수명: 몰리브덴 또는 흑연로는 약 2000-3000 회 소결되며 라이닝은 정기적으로 교체해야 합니다.

장비 업그레이드: 구형 장비(예: 기존 에어 해머)를 CNC 시스템으로 업그레이드하여 정확성과 효율성을 개선할 수 있습니다.

데이터 분석: SCADA 시스템을 통해 장비 운영 데이터를 분석하여 유지 보수 간격을 최적화하고 수명을 20-30% 연장합니다.

산업 관행 :

모든 유지 관리 및 실패를 기록하는 유지 관리 로그를 설정합니다.

작업자가 비정상적인 진동이나 온도 변화와 같은 고장의 조기 징후를 인식하도록 교육합니다.

공급업체와 협력하여 장치 펌웨어를 정기적으로 업데이트하여 성능을 최적화합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문



CTIA GROUP LTD 텅스텐 막대

Chapter 7 : 텅스텐 막대에 대한 국내 및 외국 표준

고성능 내화 금속 재료로서 텅스텐 막대의 생산, 테스트 및 적용은 품질 일관성, 성능 신뢰성 및 시장 경쟁력을 보장하기 위해 엄격한 국내의 표준을 따라야 합니다. 이 표준은 텅스텐 막대의 화학적 조성, 물리적 특성, 치수 공차, 표면 품질 및 테스트 방법을 다루며 순수 텅스텐 막대, 고순도 텅스텐 막대, 도핑 텅스텐 막대 및 텅스텐 합금 막대에 적용 할 수 있습니다. 이 장에서는 텅스텐 봉에 대한 국제 표준(ISO, ASTM, RWMA 등) 및 중국 표준(GB/T, YS/T 등)을 체계적으로 소개하고 생산 테스트에 대한 차이점, 적용 가능성 및 안내 의미를 비교 분석합니다.

7.1 텅스텐 막대에 대한 국제 표준

국제 표준은 텅스텐 및 텅스텐 합금의 구성, 특성 및 용도를 다루는 국제 표준화 기구 (ISO), 미국 시험 재료 협회 (ASTM) 및 저항 용접 제조 협회 (RWMA)에 의해 주로 공식화 된 텅스텐 막대의 글로벌 무역 및 적용에 대한 통일 된 사양을 제공합니다.

7.1.1 ISO 표준 (ISO 24370 : 텅스텐 및 텅스텐 합금)

표준 개요 : ISO 24370 : 2005 "파인 세라믹 및 내화 금속 재료"는 고온, 고강도 응용 분야에 적합한 텅스텐 및 텅스텐 합금 막대에 대한 사양을 포함하여 국제 표준화기구에서 개발 한 내화 금속에 대한 표준입니다.

핵심 조항:

범위 : 항공 우주, 전자 및 산업 분야에 적합한 순수 텅스텐 및 텅스텐 합금 막대의 화학적 조성, 기계적 성질 및 치수 요구 사항을 지정하십시오.

화학 성분 : 순수 텅스텐 막대 텅스텐 함량 $\geq 99.9\%$, 불순물 (예 : Fe, C, O)은 미량

저작권 및 법적 책임 선언문

수준으로 제어해야 합니다. 텅스텐 합금 막대 (예 : W-Ni-Fe)는 합금 원소의 비율에 대해 명확해야 합니다.

물리적 특성: 지정된 밀도(순수 텅스텐 $\geq 19.0\text{g/cm}^3$), 인장 강도 및 경도, 고온에서 크리프 저항을 강조합니다.

치수 및 공차: 직경 범위는 1-100mm 이며, 공차는 응용 분야에 따라 일반 등급과 고정밀 등급으로 나뉩니다.

테스트 방법: X 선 형광 분광법(XRF)은 조성 분석, 초음파는 내부 결함 감지, 경도 시험기는 기계적 특성을 테스트하는 데 권장됩니다.

적용 가능한 시나리오:

주로 항공 우주 고온 부품(예: 노즐 라이닝), 전자 스퍼터링 타겟 및 용접 전극에 사용됩니다.

국제적 일관성을 강조하여 국경 간 공급망 및 수출 무역에 적합합니다.

요점:

이 표준은 고순도 텅스텐 막대의 불순물 제어에 대한 엄격한 요구 사항을 가지고 있으며 깨끗한 생산 환경이 필요합니다.

테스트 방법은 국제 표준을 준수하며 글로벌 인증에 편리합니다.

새로운 재료 기술을 수용하기 위해 정기적으로 업데이트해야 합니다.

7.1.2 ASTM 규격 (ASTM B777: 고밀도 텅스텐 합금)

표준 개요 : 고밀도 텅스텐 기반 합금에 대한 ASTM B777-15 표준 사양은 텅스텐 합금 막대 (예 : W-Ni-Fe, W-Ni-Cu)의 성능 및 응용을 위해 ASTM (American Society for Testing and Materials)에 의해 개발되었으며 군사 및 의료 분야에서 널리 사용됩니다.

핵심 조항:

범위 : 고밀도 텅스텐 합금 막대 (클래스 1-4)의 분류를 다루며, 텅스텐 함량 (90-97 중량 %) 및 성능에 따라 등급이 매겨집니다.

화학 성분: 텅스텐, 니켈, 철 또는 구리 및 불순물(예: S, P)의 비율을 지정된 한계 미만으로 지정합니다.

물리적 특성: 밀도 범위 $17.0-18.5\text{g/cm}^3$, 인장 강도 600-1200MPa, 경도 300-400HV.

치수 및 공차: 직경 5-50mm, 길이는 사용자 정의 가능, 공차는 정밀 가공의 요구 사항을 충족합니다.

검출 방법: 조성을 분석하기 위해 유도 결합 플라즈마 질량 분석법(ICP-MS)을 사용하고, 표면 균열을 감지하기 위해 자분 입자 테스트를 사용했으며, 강도를 확인하기 위해 인장 테스트를 사용했습니다.

적용 가능한 시나리오:

주로 갑옷 피어싱 코어, 방사선 차폐 부품 및 항공 평형추에 사용됩니다.

북미 시장 및 군사 산업에 적합하며 고밀도 및 기계적 특성에 중점을 둡니다.

요점:

이 표준은 밀도와 강도에 따라 등급이 매겨져 재료 선택에 편리합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

합금 원소(예: 무연 제형)의 환경 친화성에 대한 명확한 요구 사항이 있습니다.
감지에는 비용이 많이 드는 특수 장비가 필요합니다.

7.1.3 RWMA 클래스 13

표준 개요 : RWMA (Resistance Welding Manufacturers Association)는 순수 텅스텐 막대에 대한 클래스 13 표준을 개발했으며 저항 용접 전극 및 고온 전극 응용 분야를 위해 설계되었습니다.

핵심 조항:

범위 : 순수 텅스텐 막대의 조성, 전도성 및 고온 저항 (텅스텐 함량 $\geq 99.9\%$)을 지정하십시오.

화학 성분 : 아크 불안정성을 방지하기 위해 탄소, 산소, 질소 및 기타 불순물을 엄격하게 제어합니다.

물리적 특성: 약 18% IACS의 전도성, 350-450 HV의 경도, 고온에서 연소에 대한 내성.
치수 및 공차: 직경 1-10mm, $\pm 0.05\text{mm}$ 공차, 전극 팁 가공에 적합합니다.

감지 방법: 전도도 테스트는 전도도를 확인하고, 현미경은 표면 품질을 검사하고, 고온 저항 테스트는 아크 환경을 시뮬레이션합니다.

적용 가능한 시나리오:

그것은 자동차 제조에 있는 저항 점용접 전극 그리고 전자 장비 집합에 사용됩니다.
고주파 용접 시나리오에 적합하며 전극 수명을 강조합니다.

요점:

다른 응용 프로그램을 무시하는 표준 집중 전극 성능.

표면 품질에 대한 요구 사항이 높으며 정밀 연마가 필요합니다.

탐지 방법은 간단하고 중소기업에 적합합니다.

7.1.4 기타 국제 표준

개요 : ISO, ASTM 및 RWMA 외에도 다른 국제 표준은 다음과 같은 텅스텐 막대를 다룹니다.

AWS A5.12: 도펀트 함량(예: 2% ThO₂ 또는 CeO₂) 및 아크 성능을 지정하는 American Welding Institute 에서 개발한 텅스텐 및 도핑된 텅스텐 전극 표준(예: WT20, WC20).

JIS Z 3211 : 아시아 시장을 위한 텅스텐 전극의 구성 및 크기에 대한 일본 산업 표준.

DIN EN 26848 : 고온 응용 분야에 중점을 둔 텅스텐 막대에 대한 일반 요구 사항을 지정하는 유럽 표준.

핵심 내용:

AWS A5.12 는 아크 안정성 및 연소 속도를 포함하여 도핑된 텅스텐 막대의 용접성에 중점을 둡니다.

JIS Z 3211 은 ISO 24370 과 유사하지만 치수 공차가 더 엄격하고 정밀 전자 장치에 적합합니다.

DIN EN 26848 은 항공 우주 및 방위 응용 분야에 중점을 두고 순수 텅스텐 및 합금

저작권 및 법적 책임 선언문

막대를 다룹니다.

적용 가능한 시나리오:

AWSA5.12는 글로벌 용접 산업에서, JIS Z 3211은 일본 전자 시장에서, DIN EN 26848은 유럽 항공우주 회사에서 사용됩니다.

이러한 표준은 ISO 및 ASTM을 보완하여 지역화 요구 사항을 충족합니다.

요점:

적용 가능한 기준은 목표 시장에 따라 선택해야 합니다.

도핑된 텅스텐 막대 표준물질(예: AWS)에는 방사선 도펀트(예: ThO₂)에 대한 특별 관리 요구 사항이 있습니다.

테스트는 여러 표준에 걸쳐 검증되어야 하며, 이로 인해 인증 비용이 증가합니다.

7.2 텅스텐 막대에 대한 중국 표준

중국 표준 시스템에는 텅스텐 막대의 구성, 성능, 크기 및 테스트를 다루는 국가 표준(GB/T) 및 산업 표준(YS/T)이 포함되어 있어 국내 생산 및 적용 요구 사항을 충족합니다.

7.2.1 GB/T 4187-2017(텅스텐 바에 대한 국가 표준)

표준 개요 : GB / T 4187-2017 "텅스텐 막대"는 순수 텅스텐 막대 및 고순도 텅스텐 막대의 성능 및 사용을 규정하는 중국 국가 표준이며 산업, 전자 및 과학 연구 분야에 적합합니다.

핵심 조항:

범위 : 직경 1-100 mm의 순수 텅스텐 막대 ($\geq 99.95\%$ 텅스텐 함량) 및 고순도 텅스텐 막대 ($\geq 99.95\%$)를 포함합니다.

화학 성분 : 불순물 (예 : Fe, C, O) 및 산소 함량에 대한 엄격한 제한은 고순도 텅스텐 막대의 경우 50ppm<.

물리적 특성: 밀도 $\geq 19.0\text{g/cm}^3$, 인장 강도는 직경 및 가공 상태에 따라 다르며 경도는 300-450HV입니다.

치수 및 공차: 공차는 일반 등급($\pm 0.1\text{mm}$)과 정밀 등급($\pm 0.05\text{mm}$)으로 나뉘며 길이는 사용자 정의할 수 있습니다.

검출 방법: 구성 요소의 XRF 또는 ICP-MS 분석, 내부 품질의 초음파 테스트, 비커스 경도 시험기 테스트 경도.

적용 가능한 시나리오:

석영로 코어 로드, 단결정 실리콘 클램핑 로드 및 반도체 타겟에 사용됩니다.

국내 시장 및 수출에 적합하며 높은 순도와 치수 정확도를 강조합니다.

요점:

이 표준은 고순도 텅스텐 막대의 깨끗한 생산에 대한 높은 요구 사항을 가지고 있으며 먼지가 없는 환경이 필요합니다.

테스트 방법은 국제 표준을 따르며 수출 인증에 편리합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

새로운 프로세스를 수용하기 위한 정기적인 수정.

7.2.2 GB / T 3459-2017 (텅스텐 및 텅스텐 합금 제품)

표준 개요 : GB / T 3459-2017 "텅스텐 및 텅스텐 합금 제품"은 텅스텐 막대, 텅스텐 합금 막대 및 기타 텅스텐 제품을 포괄하는 중국 국가 표준으로 항공, 군사 및 산업 분야에 적합합니다.

핵심 조항:

범위 : 순수 텅스텐 막대, 도핑 된 텅스텐 막대 및 텅스텐 함량이 90-99.9 %인 텅스텐 합금 막대 (예 : W-Ni-Fe)를 포함합니다.

화학 성분: 합금 원소(예: Ni, Fe)의 비율을 지정하고 불순물 한계는 응용 분야와 관련이 있습니다.

물리적 특성: 밀도 17.0-19.25g/cm³, 인장 강도 600-1000MPa, 중간 연신율.

치수 및 공차: 직경 5-50mm, 공차 ± 0.2mm, 특별 요구 사항을 사용자 정의할 수 있습니다.

테스트 방법: 구성 요소의 ICP-AES 분석, 표면의 자분 탐상 테스트, 성능 확인을 위한 인장 테스트.

적용 가능한 시나리오:

갑옷 판통 총알 코어, 항공 평형추 및 방사선 차폐 제품에 사용됩니다.

국내 군사 산업 및 중공업에 서비스를 제공하고 높은 밀도와 강도를 강조합니다.

요점:

이 표준은 높은 유연성을 가진 다양한 텅스텐 제품을 다룹니다.

합금 막대에 대한 환경 보호 요구 사항은 엄격하며 무독성 제형이 필요합니다.

감지는 포괄적인 장비로 지원되어야 합니다.

7.2.3 산업 표준(YS/T 695-2017: 무딘 전극)

표준 개요 : YS / T 695-2017, "무딘 전극"은 순수 무딘 및 도핑 된 무딘 전극 (예 : WC20, WL20, WT20)의 성능 및 생산을 목표로하는 중국의 비철금속에 대한 산업 표준입니다.

핵심 조항:

범위: 무딘 전극의 구성, 크기 및 호 특성(직경 0.5-10mm)을 지정합니다.

화학 성분 : 순수 무딘 함량 ≥99.9 %, 무딘 희토류 산화물 (예 : 2 % CeO₂) 또는 산화 토륨으로 도핑, 낮은 불순물 한계.

물리적 특성: 우수한 전도성, 고온 연소 저항, 높은 아크 안정성.

치수 & 허용 오차: 허용 오차 ± 0.05 mm, 틱은 용접 요구 사항을 충족해야 합니다.

감지 방법 : 점화 및 안정성, 도펀트 함량의 XRF 분석, 표면의 현미경 검사를 테스트하는 아크 시험기.

응용 프로그램 시나리오:

아르곤 아크 용접(TIG), 플라즈마 절단, 자동차 및 조선 서비스에 사용됩니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

국내 용접 산업에 적합하며 전극 성능을 강조합니다.

요점:

토크 도핑된 무딘 전극은 방사능 규정의 적용을 받습니다.

이 테스트는 아크 성능을 확인하기 위해 실제 용접 환경을 시뮬레이션합니다.

표준은 자주 업데이트되므로 최신 버전을 주시하십시오.

7.3 독특한 막대의 표준 비교 그리고 적용 가능성

표준 비교 및 적용 가능성 분석: 국내외 표준의 제형 목표, 요구 사항 및 적용 시나리오에 차이가 있으며 무딘 막대의 종류와 시장에 따라 적절한 사양을 선택해야 합니다.

7.3.1 국내 표준과 외국 표준의 차이점

비교 분석:

목표 설정:

국제 표준(예: ISO, ASTM)은 글로벌 보편성을 강조하고 국경 간 무역에 적합한 광범위한 용어를 가지고 있습니다. 중국 표준(GB/T, YS/T)은 국내 기술과 시장 수요를 결합하며 용어가 더 구체적입니다.

ASTM B777 은 군사 및 의료에 적합한 고밀도 무딘 합금 막대에 중점을 둡니다. GB/T 3459 는 다양한 무딘 제품을 다루고 더 넓은 범위의 유연성을 제공합니다.

RWMA Class 13 및 YS/T 695 는 전극을 전문으로 하며 국제 표준은 전도성 및 아크 성능에 더 중점을 둡니다.

기술 요구 사항:

국제 표준 성분: 국제 표준(예: ISO 24370)은 불순물(예: 산소, 탄소)을 보다 엄격하게 제어하여 고순도 무딘 막대에 적합합니다. 중국 표준(예: GB/T 4187)은 생산 비용을 줄이기 위해 일반 순수 무딘 막대에 대한 요구 사항이 약간 느슨합니다.

물리적 특성: ASTM B777 은 무딘 합금(600–1200 MPa)의 더 높은 강도와 밀도 인장 강도를 요구합니다. GB/T 3459 는 밀도 범위(17.0–19.25g/cm³)를 강조합니다.

치수 공차 : ISO 및 JIS 표준 공차는 더 엄격(±0.05mm)되어 고정밀에 적합합니다. 다양한 요구 사항에 대한 GB/T 허용 오차 등급(±0.1–0.2mm).

감지 방법:

국제 표준은 중국 표준에 따라 XRF, ICP-MS 및 자분 테스트를 권장하지만 ASTM 은 더 복잡한 인장 테스트를 요구합니다.

YS/T 695 의 아크 테스트는 산업별로 다르며 AWS A5.12 는 유사하지만 더 엄격합니다.

요점:

국제 표준은 수출 및 고급 시장에 더 적합하며 중국 표준은 국내 생산 현실에 더 부합합니다.

테스트 장비는 두 표준 모두와 호환되어야 하며 비용과 효율성 간의 균형을 고려해야 합니다.

토크 도핑된 텅스텐 전극의 방사능 관리는 국제 표준에서보다 엄격합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

7.3.2 다양한 유형의 텅스텐 막대에 대한 표준 요구 사항

순수한 무딘 막대:

적용 표준: ISO 24370, GB/T 4187, RWMA Classe 13.

요구 사항: 무딘 함량 $\geq 99.9\%$, 낮은 불순물(예: 산소 $< 100\text{ppm}$), 밀도 $\geq 19.0\text{g/cm}^3$, 허용 오차 $\pm 0.1\text{mm}$.

적용 가능한 시나리오: 석영로 코어 샘플, 평형추, 고온 안정성 및 비용 관리 강조.

고순도 텅스텐 막대 :

적용 가능한 표준: ISO 24370, GB/T 4187(고순도 등급), ASTM B760(무딘 플레이트 확장 참조).

요구 사항: 무딘 함량 $\geq 99.95\%$, 매우 낮은 불순물(예: 산소 $< 30\text{ppm}$), 깨끗한 생산, 허용 오차 $\pm 0.05\text{mm}$.

적용 가능한 시나리오: 반도체 대상, 의료 기기, 고밀도 및 순도 강조.

도핑된 무딘 막대:

적용 표준: AWS A5.12, YS/T 695, GB/T 3459.

요구 사항: 도펀트(예: $2\% \text{CeO}_2$)가 고르게 분포되어 있고, 아크 안정성이 높으며, 토크 도핑된 막대는 방사성 제어가 필요합니다.

적용 가능한 시나리오: 용접 전극, 고온로 구성 요소, 전기적 성능 강조.

텅스텐 합금 막대 :

적용 가능한 표준: ASTM B777, GB/T 3459.

요구 사항: 무딘 함량 $90-97\%$, 밀도 $17.0-18.5\text{g/cm}^3$, 인장 강도 $600-800\text{MPa}$, 무독성 제형.

적용 가능한 시나리오: 갑옷 피어싱 총알 코어, 방사선 차폐, 고강도 및 환경 보호 강조.

요점:

표준 선택은 무딘 막대의 유형 및 응용 분야와 일치해야 합니다.

고순도 및 도핑된 무딘 막대는 생산 및 검사를 지원하기 위해 더 높은 정밀도의 장비가 필요합니다.

무딘 합금 막대는 환경 규제에 주의를 기울여야 합니다.

7.3.3 생산 및 테스트 표준의 지침적 중요성

생산 지침:

성분 관리: 표준은 원료 선택 및 정제 공정을 안내하기 위해 불순물 및 도펀트에 대한 제한을 지정합니다(예: ISO 는 50ppm 의 산소 $<$ 필요하고 수소 환원을 최적화해야 함).

공정 최적화: 공차 및 성능 요구 사항(예: GB/T 의 경우 $\pm 0.1\text{mm}$)은 프레스, 소결 및 가공 장비의 정밀도를 안내합니다.

품질 관리: 이 표준은 ISO 9001 및 기타 시스템 인증을 촉진하고 생산 공정을 표준화하며 결함률을 줄여야 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

테스트 지침:

조성 분석: XRF, ICP-MS 는 화학 물질이 표준을 충족하는지 확인하고 기기를 정기적으로 교정해야 합니다.

성능 검증: 인장 시험, 경도 시험 및 아크 시험은 표준화된 시료 준비를 통해 기계적 및 전기적 특성을 검증합니다.

결함 검사: 초음파 및 자분 탐상 기법은 내부 및 표면 결함을 감지하여 제품 안전성을 보장합니다.

산업 관행 :

기업은 다기능 테스트 장비를 갖춘 표준화된 품질 관리 실험실을 설립해야 합니다.

직원들이 국내 표준과 해외 표준의 차이점을 숙지하고 규정 준수를 개선할 수 있도록 정기적으로 교육합니다.

수출 제품은 먼저 목표 시장 표준을 충족하고 사전에 인증을 준비해야 합니다.



CTIA GROUP LTD 텨스텐 막대

Chapter 8 텅스텐 막대의 검출

고성능 내화 금속 재료로서 텅스텐 막대의 품질은 응용 성능에 직접적인 영향을 미치며 물리적 특성, 화학 성분, 미세 구조 및 특수 특성은 포괄적인 테스트 방법으로 평가해야 합니다. 이 테스트는 물리적 특성 테스트, 화학 분석, 현미경 관찰, 비파괴 테스트 및 성능 검증을 포함하여 매크로에서 마이크로에 이르기까지 다양한 기술을 다루며 순수 텅스텐 막대, 고순도 텅스텐 막대 및 도핑 된 텅스텐 막대에 대해 서로 다른 강조점을 둡니다. 이 장에서는 밀도, 경도, 인장 강도, 열적 특성, 화학 성분, 미세 구조, 비파괴 검사, 고온, 내식성, 전도성 및 기타 성능 테스트를 포함한 텅스텐 막대의 테스트 방법에 대해 자세히 설명하고 다양한 유형의 텅스텐 막대의 테스트 우선 순위를 분석합니다.

8.1 텅스텐 막대 시험의 물리적 특성

물리적 특성 테스트는 텅스텐 막대의 밀도, 경도, 강도 및 열적 특성을 평가하여 항공 우주, 전자 및 산업 응용 분야에 대한 설계 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.

8.1.1 텅스텐 막대의 밀도 시험

목적 : 밀도는 소결 및 가공의 조밀함을 반영하는 텅스텐 막대 품질의 핵심 지표이며, 순수 텅스텐 막대의 이론 밀도는 19.25g/cm^3 이고 텅스텐 합금 막대는 $17.0\text{-}18.5\text{g/cm}^3$ 입니다.

감지 방법:

아르키메데스 방법 : 텅스텐 막대를 탈 이온수에 담그고 건조 중량과 물 중량을 측정하고 밀도를 계산합니다. 고정밀 전자 저울(정확도 $\pm 0.001\text{g}$)과 온도 조절 싱크(25°C)를 사용하십시오.

X 선 밀도계: X 선 흡수에 의한 밀도 측정으로 $\pm 0.05\text{g/cm}^3$ 의 정확도로 빠른 비접촉 검사에 적합합니다.

운영 지점:

샘플의 표면을 청소하여 오일 또는 산화물 층을 제거해야 합니다.

아르키메데스 방법은 기포를 제외하기 위해 액체의 밀도를 보정해야 합니다.

X-ray 방법은 표준 샘플을 검증하기 위해 기기를 주기적으로 보정해야 합니다.

결과 해석:

이론적 값보다 낮은 밀도는 불충분한 다공성 또는 소결을 나타낼 수 있습니다.

텅스텐 합금 막대의 밀도는 합금 비율과 일치해야 하며, 편차는 고르지 않은 조성으로 인한 것일 수 있습니다.

8.1.2 텅스텐 막대의 경도 시험 (Vickers, Brinell)

시험 목적 : 경도는 텅스텐 막대의 기계적 강도 및 내마모성을 반영하고, 순수 텅스텐 막대의 경도는 약 $350\text{-}450\text{HV}$ 이고, 텅스텐 합금 막대의 경도는 약 $300\text{-}400\text{HV}$ 입니다.

감지 방법:

저작권 및 법적 책임 선언문

비커스 경도 (HV) : 다이아몬드 인덴터를 사용하여 10-50 kgf 하중을 가하고 압입 대각선 길이를 측정하고 경도를 계산합니다. 작은 직경의 막대 또는 고정밀 테스트에 적합합니다.

브리넬 경도(HB): 500-3000kgf 하중은 압흔 직경을 측정하기 위해 카바이드 볼 압자를 사용하여 적용되며 큰 막대에 적합합니다.

운영 지침:

샘플은 결과에 영향을 미치는 표면 결함을 방지하기 위해 거울 표면으로 연마해야 합니다.

비커스 테스트에서는 압흔이 너무 작거나 너무 커지는 것을 방지하기 위해 적절한 하중을 선택해야 합니다.

Brinell 테스트는 인덴터가 샘플에 수직이고 여러 측정에 걸쳐 평균화되었는지 확인합니다.

결과 해석:

경도가 너무 높으면 입자가 너무 미세하거나 도펀트가 너무 많음을 나타낼 수 있습니다.

낮은 경도는 불충분한 다공성 또는 가공 능력으로 인해 발생할 수 있습니다.

8.1.3 텅스텐 막대의 인장 강도 및 인성 시험

목적 : 인장 강도 및 인성으로 인장 하중 하에서 텅스텐 막대의 지지력 및 파괴 거동을 평가하기 위해, 순수 텅스텐 막대의 인장 강도는 약 600-1000 MPa이며, 텅스텐 합금 막대는 더 높다.

감지 방법:

인장 시험: 만능 재료 물성시험기를 사용하여 텅스텐 막대 샘플(직경 5mm 및 길이 50mm 와 같은 표준 크기)을 0.5-1mm/min 의 속도로 클램핑 및 연신하고 파단 하중 및 연신율을 기록합니다.

충격 시험: 샤르피 충격 시험기는 저온 또는 실온에서 텅스텐 막대의 충격 인성을 시험하고 흡수된 에너지를 측정하는 데 사용됩니다.

운영 지침:

샘플은 표면 굽힘을 방지하기 위해 표준(예: ASTM E8)에 따라 처리해야 합니다.

인장 시험에서는 주변 온도(23±5°C)를 제어하고 응력-변형률 곡선을 기록해야 합니다.

충격 시험에서는 반복성을 보장하기 위해 적절한 노치 유형(예: V 자형)을 선택해야 합니다.

결과 해석:

인장 강도가 충분하지 않으면 내부 결함 또는 과도한 입자 크기를 나타낼 수 있습니다.

낮은 인성은 부적절한 도핑 또는 고르지 않은 소결로 인해 발생할 수 있으며 공정을 최적화해야 합니다.

CTIA GROUP LTD
Tungsten Rods Introduction

1. Overview of Tungsten Rods

Tungsten rods are high-performance metallic bars made from tungsten powder (purity $\geq 99.95\%$) using powder metallurgy processes such as pressing, sintering, and swaging. With their extremely high melting point, excellent mechanical properties, and outstanding chemical stability, tungsten rods are widely used in industrial fields that demand extreme conditions.

2. Characteristics of Tungsten Rods

- ✓ Ultra-high melting point: Up to 3410°C , suitable for extreme high-temperature environments
- ✓ Excellent strength and hardness: Maintains mechanical performance even at temperatures
- ✓ Good thermal and electrical conductivity: Ideal for precision applications in electronics and heating systems
- ✓ High-density material: Suitable for counterweights and radiation shielding
- ✓ Corrosion and wear resistance: Long service life and excellent stability
- ✓ Low thermal expansion coefficient: Suitable for precision structural components

3. The Main Applications Tungsten Rods

- ✓ Aerospace and defense: Rocket nozzles, armor-piercing projectile cores, high-temperature structural parts
- ✓ Electronics industry: Cathodes, heat sinks, electrodes, contact materials
- ✓ High-temperature furnaces and metallurgy: Heating elements for vacuum furnaces, tungsten crucibles, support components
- ✓ Medical technology: Radiation shielding parts, precision surgical instruments
- ✓ Mechanical engineering: Counterweights, mold inserts, vibration dampers
- ✓ Scientific research equipment: Ultra-high temperature reactors, physical property testing components

4. Basic Data of Tungsten Rods

Item	Parameter
Density	19.3 g/cm ³
Hardness (Vickers HV)	340–400 HV
Electrical Conductivity (20°C)	~30% IACS
Thermal Conductivity	~170 W/(m·K)
Coefficient of Thermal Expansion	~ 4.5×10^{-6} /K
Diameter Range	Ø1.0 mm – Ø100 mm (customizable)
Length Range	100 mm – 1000 mm (up to 2000 mm maximum)
Surface Condition	As-sintered (black), ground, polished

5. Procurement Information

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

Website: www.tungsten.com.cn

저작권 및 법적 책임 선언문

8.1.4 텅스텐 막대의 열팽창 및 열전도율 시험

목적 : 열팽창 계수 (약 $4.5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)와 열전도율 (약 $170 \text{ W/m}\cdot\text{K}$)은 고온 환경에서 텅스텐 막대의 치수 안정성과 열전도율에 영향을 미칩니다.

감지 방법:

열팽창 시험: 열팽창 계수는 열 팽창계(예: 팽창계)를 사용하여 $100\text{--}1000^\circ\text{C}$ 범위에서 시료 길이의 변화를 측정하여 계산합니다.

열전도율 시험: 레이저 플래시 방법은 텅스텐 막대의 한쪽 끝을 가열하여 열확산 속도를 측정하고 열전도율을 계산하는 데 사용됩니다.

운영 지침:

열팽창 시험은 산화를 방지하기 위해 불활성 대기(예: 아르곤)에서 수행됩니다.

열전도율 테스트에서는 구리와 같은 표준 샘플을 사용하여 정확도를 검증하기 위해 기기를 보정해야 합니다.

샘플 크기는 균일해야 합니다(예: 직경 10mm, 두께 2mm).

결과 해석:

높은 열팽창 계수는 불순물 또는 합금 원소를 나타낼 수 있습니다.

낮은 열전도율은 고르지 않은 다공성 또는 미세 구조 때문일 수 있습니다.

8.2 텅스텐 막대의 화학 성분 분석

화학 성분 분석은 텅스텐 막대가 순도 및 도펀트 함량에 대한 표준을 충족하는지 확인하고 불순물 검출이 성능에 중요합니다.

8.2.1 분광 분석(ICP-MS, XRF)

목적 : 텅스텐 막대의 텅스텐, 도펀트 (예 : Ce, La, Th) 및 불순물 (예 : Fe, C, O)의 함량을 정량적으로 분석합니다.

감지 방법:

유도 결합 플라즈마 질량 분석법(ICP-MS): 시료를 산성 용액(예: 질산 + 불산)에 용해시키고 플라즈마 여기 및 질량 분석법으로 분리하여 ppb의 감도로 원소 함량을 검출합니다.

X 선 형광 분광법(XRF): 샘플 표면의 X 선 여기, 형광 스펙트럼 분석, 원소 함량의 신속한 측정, 비파괴 분석에 적합합니다.

운영 지침:

ICP-MS 는 오염을 방지하기 위해 고순도 시약과 깨끗한 실험실(ISO Class 5)이 필요합니다.

XRF 는 샘플의 표면을 연마하여 평평한지 확인하고 정확도를 높이기 위해 기기를 보정합니다.

미량 원소 검증을 위한 ICP-MS 및 신속한 스크리닝을 위한 XRF 와 함께 두 가지 방법을 함께 사용해야 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

결과 해석:

텅스텐 함량이 표준 (예 : 99.9 %) 미만이면 정제가 충분하지 않음을 나타낼 수 있습니다.

도펀트 함량의 편차는 아크 성능 또는 고온 안정성에 영향을 줄 수 있습니다.

8.2.2 미량 원소 및 불순물 검출

목적 : 미량 원소 (예 : O, C, N) 및 불순물 (예 : Fe, Si)은 엄격하게 제어해야 하는 텅스텐 막대의 성능을 저하시킬 수 있습니다.

감지 방법:

불활성 가스 용융 방법: 시료를 고온에서 아르곤에서 용융하여 산소, 질소 및 탄소를 방출하고 ppm의 감도로 적외선 또는 열전도도 검출기로 분석합니다.

글로우 방전 질량 분석법(GD-MS): 샘플 표면은 글로우 방전에 의해 여기되고 미량 불순물은 고순도 텅스텐 막대에 적합한 질량 분석법으로 분석됩니다.

운영 지침:

샘플은 표면 오염 물질을 제거하기 위해 초음파로 세척됩니다.

불활성 가스 용융 방법은 표준 가스를 교정하는 고순도 아르곤(99.999%)이 필요합니다.

GD-MS는 진공 환경(10^{-6} Pa)과 정기적인 유지 보수 및 방전 전력이 필요합니다.

결과 해석:

높은 산소 함량은 고온 취성으로 이어질 수 있으며 소결 분위기를 최적화해야 합니다. 과도한 불순물은 원료의 오염으로 인한 것일 수 있으며 품질 관리를 강화해야 합니다.

8.3 텅스텐 막대의 미세 구조 분석

미세 구조 분석은 텅스텐 막대의 입자 크기, 미세 구조 균일성 및 결함 분포를 나타내어 기계적 및 열적 특성에 영향을 미칩니다.

8.3.1 현미경 관찰 (SEM, TEM)

목적 : 텅스텐 막대의 표면 형태, 파괴 특성 및 내부 구조를 관찰하고 균열, 기공 또는 도펀트 분포를 확인합니다.

감지 방법:

주사 전자 현미경(SEM): 에너지 분산 분광계(EDS)가 장착된 나노미터 해상도의 전자빔으로 샘플 표면을 스캔하여 원소 분포를 분석합니다.

투과 전자 현미경 (TEM) : 전자빔이 초박형 샘플 (<100 nm)을 투과하여 결정 구조와 전위를 관찰하여 고해상도 분석에 적합합니다.

운영 지침:

SEM 시료는 연마 또는 파쇄해야 하며, 전도성을 개선하기 위해 탄소 또는 금 도금이 필요합니다.

TEM 샘플은 오염을 방지하기 위해 깨끗하게 유지하기 위해 이온화 희석으로

저작권 및 법적 책임 선언문

준비해야 합니다.

현미경을 보정해야 하며 배율 및 이미징 조건을 기록합니다.

결과 해석:

SEM 은 다공성 또는 균열을 보여 소결 또는 가공 결함을 나타냅니다.

TEM 은 혼합 공정의 최적화가 필요한 도펀트 응집 또는 결정립 경계 이상을 나타냅니다.

8.3.2 입자 크기 및 미세 구조 균일성

목적: 입자 크기(일반적으로 10-50 μ m)와 미세 구조 균질성은 텅스텐 막대의 강도, 인성 및 고온 성능에 영향을 미칩니다.

감지 방법:

광학 현미경: 시료를 연마하고 화학적으로 에칭(예: HNO₃ 용액)하여 입자 경계를 관찰하고 평균 입자 크기를 측정합니다.

X 선 회절(XRD): 결정 배향 및 입자 크기를 분석하고 입자 크기를 계산합니다(Scherrer 의 공식을 통해).

운영 지침:

과도한 부식을 방지하기 위해 부식 시간(10-30 초)을 정밀하게 제어해야 합니다.

XRD 는 스캔 각도가 10-80°인 고순도 텅스텐 표준 보정이 필요합니다.

정확한 조직 균일성 평가를 보장하기 위해 다양한 영역을 여러 번 측정합니다.

결과 해석:

입자 크기가 너무 커서 강도가 감소할 수 있으므로 소결 온도를 조정해야 합니다.

고르지 않은 조직은 부적절한 프레스 또는 도핑으로 인해 발생할 수 있으며 프로세스를 최적화해야 합니다.

8.4 텅스텐 막대의 비파괴 검사

비파괴 검사 (NDT)는 텅스텐 막대 내부 및 표면 결함을 평가하고 샘플 무결성을 유지하는 데 사용되며 품질 관리에 적합합니다.

8.4.1 초음파 검사

목적 : 텅스텐 막대의 내부 기공, 균열 또는 개재물을 감지하여 구조적 무결성을 보장합니다.

감지 방법:

초음파 결함 탐상기를 사용하여 5-10MHz 초음파를 방출하고 반사된 신호를 수신하며 결함의 위치와 크기를 분석합니다.

물 접촉 매질과 결합된 종파 또는 전단파 프로브는 바의 전체 길이를 스캔합니다.

운영 지침:

샘플의 표면은 평평하고 깨끗해야 하며 기름을 제거해야 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

표준 결함 샘플을 사용하여 감도를 확인하기 위해 프로브를 보정해야 합니다.
결함 에코의 높이와 위치가 기록되고 C 스캔이 플롯됩니다.

결과 해석:

강한 에코는 재작업이 필요한 큰 결함(예: 0.5mm > 다공성)을 나타냅니다.
지속적인 에코는 라멜라 균열에서 발생할 수 있으며 검증을 위해 잘라내야 합니다.

8.4.2 X-ray 검사

목적 : 텅스텐 막대의 내부 기공, 개재물 또는 균열을 식별하기 위해 대형 막대에 적합합니다.

감지 방법:

산업용 X 선 기계(100-300kV)를 사용하여 텅스텐 막대를 관통하고 투과 이미지를 기록하며 결함 특성을 분석합니다.

디지털 이미징(DR) 또는 컴퓨터 단층 촬영(CT)과 협력하여 해상도를 개선합니다.

운영 지침:

방사선으로부터 보호해야 하며 작동을 위해서는 전문 자격이 필요합니다.

두꺼운 샘플(>20mm)의 투과를 보장하기 위해 X 선 에너지를 조정합니다.

표준 결함 샘플로 보정하여 이미지의 그레이스케일 값을 기록했습니다.

결과 해석:

어두운 영역은 다공성 또는 개재물을 나타내며 초음파와 함께 확인해야 합니다.

CT 재구성은 결함 부피를 정량화하고 품질 평가를 안내합니다.

8.4.3 자분 탐상 시험

테스트 목적 : 텅스텐 합금 막대 (예 : W-Ni-Fe) 표면 및 표면 근처 균열을 감지하기 위해, 순수 텅스텐 막대는 비자 성으로 인해 적합하지 않습니다.

감지 방법:

자기장(AC 또는 DC)이 자화 장치에 가해지고, 형광 자성 입자가 분사되며, UV 램프 아래에서 자기 흔적이 관찰됩니다.

다른 방향의 균열을 감지하기 위한 종방향 또는 횡방향 자화.

운영 지침:

샘플의 표면을 청소해야 하며 자화 전류는 직경(500-2000A)에 따라 조정해야 합니다.

자분 입자는 균일하게 분사되어야 하며 관찰 시간은 1-2 분으로 조절되어야 합니다.

자기 자국의 길이와 분포를 기록하고 보관을 위해 사진을 촬영합니다.

결과 해석:

선형 자기 마크는 연마 또는 재작업이 필요한 표면 균열을 나타냅니다.

조밀한 자기 자국은 가공 응력으로 인한 것일 수 있으며 열처리로 제거해야 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

8.5 텅스텐 막대의 성능 검증

성능 검증 테스트는 실제 작동 조건을 시뮬레이션하여 고온, 부식성 및 전기 환경에서 텅스텐 막대의 성능을 평가합니다.

8.5.1 고온 성능 테스트

목적 : 항공 우주 및 용광로 응용 분야를 위해 고온 (1000-2500 ° C)에서 텅스텐 막대의 산화, 크리프 및 강도를 평가합니다.

감지 방법:

고온 인장 시험: 고온 시험기를 사용하여 샘플을 진공 또는 아르곤 용광로에서 지정된 온도로 가열하여 인장 강도를 시험합니다.

크리프 시험: 일정한 하중(예: 100MPa)을 가하고 변형을 100-1000 시간 동안 기록하며 크리프 속도를 계산합니다.

운영 지점:

산화를 방지하기 위해 고순도 아르곤 가스(99.999%)로 보호해야 합니다.

샘플은 표준 크기(예: 직경 5mm)여야 하며 고정 장치는 폴리브덴 또는 세라믹이어야 합니다.

온도 제어 정확도는 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 이며 변형률 곡선이 기록됩니다.

결과 해석:

고온에서 강도 저하가 발생하는 것은 입자 성장으로 인한 것일 수 있으며 최적화된 소결이 필요합니다.

크리프 속도가 너무 높으면 도핑이 충분하지 않음을 나타낼 수 있으며 제형을 조정해야 합니다.

8.5.2 내식성 시험

시험 목적 : 산, 알칼리 또는 고온 가스 환경에서 텅스텐 막대의 내식성을 평가하여 화학 및 전극 응용 분야에 적합합니다.

감지 방법:

침지 테스트: 중량 손실은 샘플을 부식성 매체(예: 10% HNO₃ 또는 NaOH)에 일정한 온도(25-80°C)에서 24-168 시간 동안 담귀 측정합니다.

가스 부식 테스트: 표면 변화를 기록하기 위해 고온로에서 산화 또는 가황 대기(예: O₂, H₂S)에 노출.

운영 지점:

샘플의 무게를 측정해야 하며(정확도 $\pm 0.0001\text{g}$) 표면은 균일하게 연마되어야 합니다.

안정적인 농도를 보장하기 위해 부식성 매체를 정기적으로 교체해야 합니다.

가스 테스트에는 유량(0.1-1L/min) 및 습도 제어가 필요합니다.

결과 해석:

>0.1%의 중량 감소는 내식성이 불충분하고 개선된 제형이 필요함을 나타냅니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

표면의 산화물 층의 두께는 불순물로 인한 것일 수 있으며 정제를 위해 최적화해야 합니다.

8.5.3 전도도 및 크리프 테스트

테스트 목적: 전도도(약 18% IACS) 및 크리프 저항은 전극 및 고온 구성 요소의 주요 특성으로 아크 안정성과 수명에 영향을 미칩니다.

감지 방법:

전도도 테스트: 4 개의 프로브 방법을 사용하여 정전류를 적용하고 전압 강하를 측정하며 전도도를 계산합니다.

크리프 저항 테스트: 고온 크리프 테스트와 유사하지만 아크 환경에서 변형을 테스트하기 위해 도핑된 텅스텐 로드(예: WC20)에 중점을 둡니다.

운영 지침:

전도도 테스트는 양호한 접촉이 필요하며 프로브는 구리 또는 은입니다.

크리프 저항 테스트는 용접 조건(예: 6000°C arc)을 시뮬레이션하고 변형량을 기록합니다.

샘플을 여러 번 테스트하고 평균을 구합니다.

결과 해석:

낮은 전도도는 도펀트의 고르지 않은 분포 때문일 수 있습니다.

불충분한 크리프 저항성은 희토류의 도핑이 불충분하고 최적의 혼합이 필요함을 나타낼 수 있습니다.

8.6 다양한 유형의 텅스텐 막대 검출의 요점

다양한 유형의 텅스텐 막대 (순수 텅스텐 막대, 고순도 텅스텐 막대, 도핑 된 텅스텐 막대)는 조성 및 용도가 다르기 때문에 검출 초점이 다릅니다.

8.6.1 순수 텅스텐 막대 감지

탐지 요점:

물리적 특성: 밀도($\geq 19.0\text{g/cm}^3$), 경도(350–450HV) 및 인장 강도로 고온 안정성을 보장합니다.

화학 성분 : 텅스텐 함량 $\geq 99.9\%$, 산소, 탄소 및 기타 불순물은 $100\text{ppm} <$ 고온 취성을 방지합니다.

비파괴 검사: 내부 기공의 초음파 감지, 대형 바 품질의 X선 검증.

적용 가능한 시나리오:

석영로 코어 로드 및 평형추 부품은 저렴한 비용과 안정적인 성능을 필요로 합니다.

요점:

아르키메데스 방법은 비용 효율적인 밀도 테스트에 우선적으로 사용됩니다.

불순물 감지는 산소 함량에 주의를 기울이고 소결 분위기를 최적화해야 합니다.

비파괴 검사는 일관성을 보장하기 위해 전체 배치를 포괄합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

8.6.2 고순도 텅스텐 막대 검출

탐지 요점:

화학 성분 : 텅스텐 함량 $\geq 99.95\%$, 미량 불순물 (예 : O, N) < 30 ppm, ICP-MS 및 GD-MS 를 사용합니다.

미세 구조 : SEM 및 TEM 은 입자 크기 (5-15 μm)와 도펀트 분포를 관찰하여 청결을 보장합니다.

성능 검증: 반도체 요구 사항을 충족하기 위한 전도성 및 내식성 테스트.

적용 가능한 시나리오:

스퍼터링 타겟 및 의료 기기는 고순도 및 청정 생산이 필요합니다.

요점:

시험은 오염을 방지하기 위해 클린룸(ISO 클래스 5)에서 수행해야 합니다.

미량 원소 분석에는 매우 민감한 기기와 정기적인 보정이 필요합니다.

성능 테스트는 진공 환경과 같은 실제 작동 조건을 시뮬레이션합니다.

8.6.3 도핑 된 텅스텐 막대 검출

탐지 요점:

화학 성분 : 도펀트의 함량 (예 : 2 % CeO_2 , La_2O_3)은 균일하며 토크 도핑 된 막대는 방사성으로 검출해야 합니다.

성능 검증: 전도성 및 아크 안정성 테스트, 아크 시험기를 사용하여 용접 시뮬레이션.

미세 구조 : SEM-EDS 는 도펀트 분포를 분석하고 XRD 는 결정 방향을 확인합니다.

적용 가능한 시나리오:

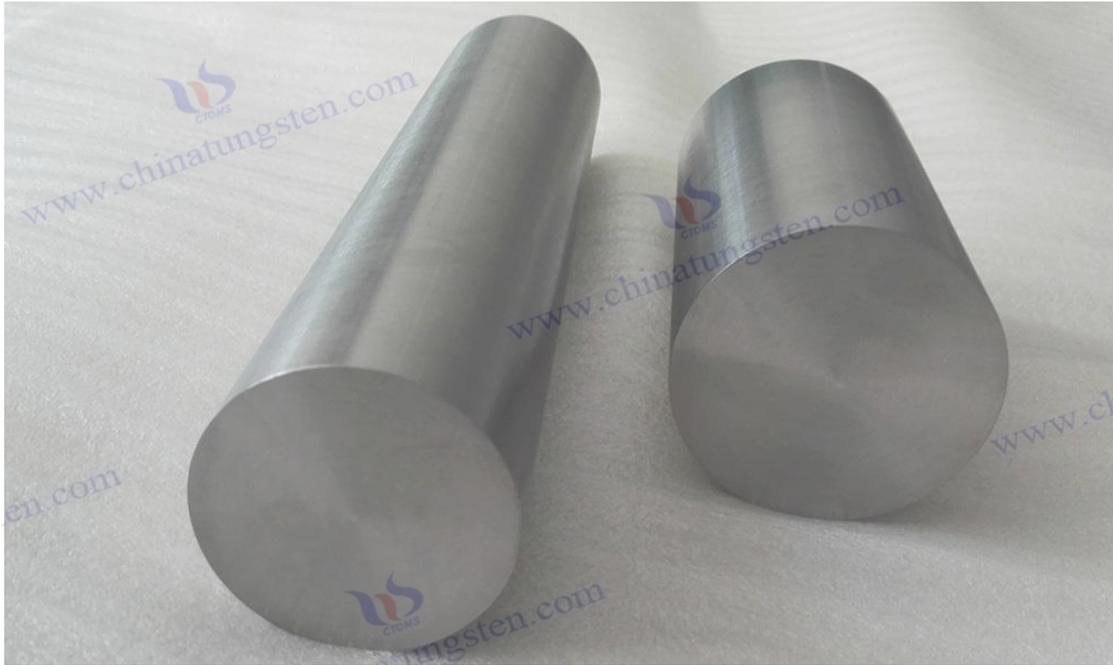
용접 전극 및 고온로 구성 요소에는 우수한 아크 성능이 필요합니다.

요점:

아크 테스트에는 표준 용접 조건이 필요하며 소순 속도를 기록합니다.

도펀트의 불균일한 분포는 최적화된 혼합 공정을 필요로 합니다.

토크 도핑 텅스텐 막대의 검출은 방사능 규정의 적용을받습니다.



CTIA GROUP LTD 텅스텐 막대

Chapter 9 : 텅스텐 막대 산업 현황 및 개발 동향

전략적 내화 금속 재료로서 텅스텐 막대는 높은 용점, 고밀도 및 우수한 기계적 특성으로 인해 항공 우주, 전자, 용접 및 군사 분야에서 대체 할 수 없는 역할을 합니다. 최근 몇 년 동안 글로벌 텅스텐 막대 시장은 수요와 공급의 변화, 기술 진보 및 환경 보호 정책에 의해 급속한 성장 추세를 보였습니다. 이 장에서는 중국 및 국제 텅스텐 막대 시장을 분석하고, 기술 개발 동향(신소재, 녹색 제조, 지능형 생산)에 대해 논의하고, 업계가 직면한 도전과 기회(기술 병목 현상, 시장 경쟁, 지속 가능한 개발)를 평가합니다.

9.1 중국의 텅스텐 막대 시장 개요

중국은 세계 최대의 텅스텐 자원 및 텅스텐 막대 생산국이며 시장 규모는 빠르게 확장되고 있으며 수요 공급 패턴은 정책 규제와 다운 스트림 수요에 의해 주도됩니다.

9.1.1 시장 수요 및 공급 분석

시장 수요:

중국의 텅스텐 막대에 대한 시장 수요는 주로 항공 우주, 전자 제조, 용접 및 텅스텐 카바이드 공구 부문에서 발생합니다.

항공 우주 : 텅스텐 막대는 국내 대형 항공기 (예 : C919) 및 항공 우주 프로그램 (예 : 우주 정거장)에 의해 구동되는 고온 부품 (예 : 노즐 라이닝) 및 평형추에 사용되며 수요가 꾸준히 증가하고 있습니다.

전자 제품 제조: 고순도 텅스텐 막대는 반도체 스퍼터링 타겟 및 전극의 핵심 재료이며 칩의 국산화 및 5G 장비의 개발로 수요가 급증했습니다.

용접 및 절단 : 도핑 된 텅스텐 막대 (예 : WC20, WT20)는 TIG 용접 및 플라즈마

저작권 및 법적 책임 선언문

절단에 널리 사용되며 자동차, 해양 및 건설 산업의 이점을 누리고 있으며 시장은 계속 확장되고 있습니다.

텅스텐 카바이드 : 텅스텐 카바이드 공구의 원료로서 텅스텐 막대는 CNC 공작 기계 및 고급 제조에 대한 수요에 의해 주도되며 상당한 시장 점유율을 차지합니다.

공급 분석:

자원 순위: 중국의 텅스텐 매장량은 세계 생산량의 51%를 차지하며 주요 생산 지역은 장시성, 후난성 및 허난성입니다.

생산 능력: 국내 주요 기업은 텅스텐 광석 채굴에서 바 가공에 이르기까지 높은 생산 능력 집중으로 완전한 산업 체인을 보유하고 있습니다.

정책 규제: 정부는 수출 쿼터와 환경 보호 정책을 통해 텅스텐 채굴을 제한하고, 2023년부터 재활용 텅스텐 사용을 강화하여 공급 측 개혁을 촉진합니다.

도전 과제: 원자재 가격의 변동과 환경 보호 비용 상승으로 인해 중소기업의 수익이 감소하고 있으며, 고급 텅스텐 막대(예: 고순도 및 나노 스케일)는 여전히 수입에 의존하고 있습니다.

트렌드 예측:

시장 수요는 연평균 5-7%씩 성장할 것으로 예상되며, 첨단 제조업과 신에너지(예: 태양광, 풍력)가 새로운 성장 포인트가 될 것입니다.

공급은 고부가가치 제품으로 전환될 것이며, 중소기업은 비용 압박에 대처하기 위해 기술을 업그레이드해야 할 것입니다.

9.2 국제 텅스텐 막대 시장 개요

글로벌 텅스텐 막대 시장은 경쟁이 치열하며 중국이 공급을 주도하고 유럽, 미국, 일본 및 한국이 고급 수요를 지배하며 공급망 구조 조정 및 지정학이 시장 구조에 영향을 미칩니다.

9.2.1 주요 수출국·지역

수출 상태:

중국 주도: 중국의 텅스텐 수출량은 2022년 24,900톤에 달해 주로 일본(23%), 한국(19%), 유럽(35%), 미국(11%)을 중심으로 세계 지배적인 공급량을 차지했습니다.

제품 구조 : 수출은 원료 등급의 텅스텐 막대와 저부가가치 제품이 지배적이며 초경합금 막대는 8.9천 톤을 차지하여 전년 동기 대비 7.23% 증가했습니다.

수출 동향:

성장 주도 : 수출은 유럽과 미국, 특히 텅스텐 합금 막대의 항공 우주 및 방위 수요 증가에 의해 주도됩니다.

지역별 변화: 2022년 유럽과 미국으로의 수출은 각각 18.03%, 46.75% 증가한 반면, 일본과 한국으로의 수출은 감소하여 글로벌 산업망의 조정을 반영할 것입니다.

과제: 무역 마찰과 수출 쿼터로 인해 저가 제품의 수출이 제한되고, 고급 시장은 부가가치가 낮은 유럽과 미국 기업이 차지하고 있습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD
Tungsten Rods Introduction

1. Overview of Tungsten Rods

Tungsten rods are high-performance metallic bars made from tungsten powder (purity $\geq 99.95\%$) using powder metallurgy processes such as pressing, sintering, and swaging. With their extremely high melting point, excellent mechanical properties, and outstanding chemical stability, tungsten rods are widely used in industrial fields that demand extreme conditions.

2. Characteristics of Tungsten Rods

- ✓ Ultra-high melting point: Up to 3410°C , suitable for extreme high-temperature environments
- ✓ Excellent strength and hardness: Maintains mechanical performance even at temperatures
- ✓ Good thermal and electrical conductivity: Ideal for precision applications in electronics and heating systems
- ✓ High-density material: Suitable for counterweights and radiation shielding
- ✓ Corrosion and wear resistance: Long service life and excellent stability
- ✓ Low thermal expansion coefficient: Suitable for precision structural components

3. The Main Applications Tungsten Rods

- ✓ Aerospace and defense: Rocket nozzles, armor-piercing projectile cores, high-temperature structural parts
- ✓ Electronics industry: Cathodes, heat sinks, electrodes, contact materials
- ✓ High-temperature furnaces and metallurgy: Heating elements for vacuum furnaces, tungsten crucibles, support components
- ✓ Medical technology: Radiation shielding parts, precision surgical instruments
- ✓ Mechanical engineering: Counterweights, mold inserts, vibration dampers
- ✓ Scientific research equipment: Ultra-high temperature reactors, physical property testing components

4. Basic Data of Tungsten Rods

Item	Parameter
Density	19.3 g/cm ³
Hardness (Vickers HV)	340–400 HV
Electrical Conductivity (20°C)	~30% IACS
Thermal Conductivity	~170 W/(m·K)
Coefficient of Thermal Expansion	~4.5 x 10 ⁻⁶ /K
Diameter Range	Ø1.0 mm – Ø100 mm (customizable)
Length Range	100 mm – 1000 mm (up to 2000 mm maximum)
Surface Condition	As-sintered (black), ground, polished

5. Procurement Information

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

Website: www.tungsten.com.cn

저작권 및 법적 책임 선언문

9.2.2 수입 의존도 및 공급망 현황

수입 의존성:

중국: 고급 텅스텐 막대(예: 고순도 텅스텐 막대, 도핑된 전극)는 부분적으로 수입에 의존하고 있으며, 수입은 주로 미국, 독일 및 일본에서 수출의 약 90%를 차지하며 기술 격차를 반영합니다.

유럽 및 미국: 중국의 텅스텐 원료에 의존하는 중국은 2022년 전 세계 텅스텐 광석 공급량의 83%를 차지했으며 유럽과 미국의 현지 광산 개발이 더디있어 단기적으로 자급자족이 어렵습니다.

일본 및 한국: 고부가가치 제품(예: 반도체 대상)의 수출을 위해 가공되는 중국의 텅스텐 막대 수입에 크게 의존합니다.

공급망 상태:

집중 위험: 글로벌 텅스텐 공급망은 중국에 대한 의존도가 높으며 지정학적 및 팬데믹으로 인해 공급망 중단 위험이 증가했습니다.

구조조정 시도: 유럽과 미국은 해외 텅스텐 광산(예: 호주, 베트남) 개발을 가속화하고 있지만 자본 및 비용 제약으로 인해 진행이 제한되고 단기적으로 중국의 지배력이 안정적입니다.

재활용 텅스텐: 텅스텐 스크랩의 전 세계 재활용률이 30%로 증가했으며 유럽, 미국 및 중국은 원료에 대한 의존도를 완화하기 위해 재활용 텅스텐 산업 체인을 촉진했습니다.

트렌드 예측:

글로벌 공급망이 다변화되어 베트남과 호주가 새로운 공급국으로 부상할 가능성이 높지만 중국은 여전히 지배적인 위치를 유지할 것입니다.

수입국은 중국 기술에 대한 의존도를 줄이기 위해 고급 텅스텐 막대의 연구 개발을 증가시킬 것입니다.

9.3 텅스텐 막대의 기술 개발 동향

기술 발전은 재료, 공정 및 생산 방법을 포괄하는 고성능, 저비용 및 지속 가능성으로 텅스텐 막대 산업의 변화를 주도하고 있습니다.

9.3.1 신소재 및 합금 기술

기술적 방향:

고순도 텅스텐 막대 : 반도체 및 항공 우주 요구를 충족시키기 위해 화학 기상 증착 (CVD) 및 플라즈마 소결 (SPS)에 의해 순도가 99.99%로 증가했습니다.

도핑 최적화: 아크 안정성과 환경 보호를 개선하고 방사성 WT20 전극을 대체하기 위해 비독성 도핑된 텅스텐 막대(예: W-La₂O₃, W-CeO₂)를 개발합니다.

텅스텐 합금 : W-Ni-Fe 및 W-Cu 와 같은 고밀도 합금의 연구 및 개발은 군사 및 전자 제품에 사용되는 강도와 전도성을 최적화합니다.

나노 기술 : 나노 결정 텅스텐 막대는 볼 밀링 및 SPS 로 제조되며 입자 크기는 5-10 μm 로 감소하여 인성 및 고온 성능을 향상시킵니다.

진행 상황 및 과제:

저작권 및 법적 책임 선언문

진행 : Xiamen Tungsten 과 같은 중국 기업은 일부 고순도 텅스텐 막대의 국산화를 실현했으며 나노 텅스텐 막대의 연구 개발이 파일럿 단계에 진입했습니다.

도전 과제: 고순도 정제 및 나노 가공 비용이 높고, 장비가 수입에 의존하며, 핵심 기술을 돌파해야 합니다.

트렌드 예측:

비트륨 도핑 및 나노 텅스텐 막대가 주류가 될 것이며 2030 년까지 40%의 시장 점유율을 차지할 것입니다.

합금 기술은 새로운 에너지 및 방위 요구 사항을 충족하기 위해 다기능에 중점을 둘 것입니다.

9.3.2 친환경 제조 및 에너지 절감 기술

기술적 방향:

재활용 텅스텐 활용: 폐 텅스텐은 습식 제련 및 전기 분해를 통해 회수되어 원광석 채굴에 대한 의존도를 줄이며 회수율은 2030 년까지 50%에 도달하는 것을 목표로 합니다.

저에너지 소결: 마이크로파 소결 및 SPS 기술을 사용하여 소결 시간(5-15 분)을 단축하고 에너지 소비를 30% 줄입니다.

청정 생산: 불산의 사용을 줄이고 폐수 배출을 줄이기 위해 불소가 없는 정제 공정을 개발합니다.

배기 가스 처리: 배출 기준(예: $SO_2 < 50mg/m^3$)을 충족하기 위해 고효율 먼지 제거 및 탈황 시스템을 갖추고 있습니다.

진행 상황 및 과제:

진행: 중국은 재활용 텅스텐 산업을 지원하기 위한 정책을 도입했으며, 재활용 텅스텐 생산은 2023 년 총 공급량의 20%를 차지합니다.

과제: 녹색 기술에 대한 초기 투자가 높아 중소기업이 감당하기 어렵고 정책 보조금이 필요합니다.

트렌드 예측:

친환경 제조는 업계의 진입 문턱이 될 것이며 에너지 절약 기술의 보급률은 2030 년까지 80%에 이를 것으로 예상됩니다.

재활용 텅스텐은 전 세계 공급량의 30% 이상을 차지하여 자원에 대한 압박을 완화할 것입니다.

9.3.3 지능적이고 자동화된 생산

기술적 방향:

지능형 제어: PLC 및 SCADA 시스템은 소결, 단조 및 처리 매개변수를 실시간으로 모니터링하여 일관성을 향상시키는 데 사용됩니다.

자동화 장비: CNC 로터리 스웨이징 머신, 자동 드로잉 머신 및 로봇 조립 라인의 도입으로 생산 효율성이 20% 증가했습니다.

디지털 트윈: 텅스텐 막대 생산의 디지털 모델을 구축하여 프로세스 매개변수를 최적화하고 시행착오 비용을 줄입니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

품질 추적성: 제어 가능한 품질을 보장하기 위해 블록체인 기술을 통해 원자재에서 완제품에 이르기까지 전체 체인 데이터를 기록합니다.

진행 상황 및 과제:

진행 상황: 중국 선도 기업들은 2023 년에 자동화율이 50%에 달하는 스마트 생산 라인을 구축했습니다.

과제: 지능형 장비의 높은 비용, 중소기업의 낮은 침투율, 기술 인재 부족 등의 문제점이 있습니다.

트렌드 예측:

2030 년에는 중국 텅스텐 막대 산업의 자동화율이 70%에 이를 것으로 예상되며 인텔리전스는 경쟁 구도를 재편할 것입니다.

디지털 트윈과 품질 추적성은 하이엔드 시장에서 표준이 될 것입니다.

9.4 텅스텐 막대의 도전과 기회

텅스텐 막대 산업은 급속한 발전으로 기술, 시장 및 환경 보호에서 여러 가지 도전에 직면 해 있으며 동시에 거대한 기회를 포함하고 있습니다.

9.4.1 기술적 병목 현상 및 돌파구

도전:

고급 기술 격차: 고순도 텅스텐 막대 및 나노 텅스텐 막대(예: SPS 용광로)의 핵심 장비는 수입에 의존하므로 비용이 많이 들고 현지화가 제한됩니다.

도핑 균일성: 희토류 도펀트의 고르지 않은 분포는 아크 성능에 영향을 미치며 혼합 공정을 개선해야 합니다.

R&D 투자 부족: 중소기업은 R&D 자금이 제한되어 있어 핵심 기술을 돌파하기 어렵습니다.

기회:

현지화 가속화 : 국가 "14 차 5 개년 계획"은 새로운 텅스텐 재료의 연구 개발을 지원하며 고순도 텅스텐 막대의 현지화율은 2025 년에 80 %에 도달 할 것으로 예상됩니다.

산학연협력: 대학과 기업은 기술 혁신을 가속화하기 위해 핵심 문제를 공동으로 해결합니다.

정책 지원: 정부는 혁신 비용을 줄이기 위해 R&D 보조금과 세금 인센티브를 제공합니다.

대처 전략:

핵심 장비의 연구 개발을 늘리고 수입 의존도를 해소합니다.

산학-학-연 플랫폼을 구축하여 기술 반복을 가속화합니다.

도핑 공정을 최적화하고 제품 성능을 향상시킵니다.

9.4.2 시장경쟁과 세계화

도전:

저작권 및 법적 책임 선언문

국제 경쟁: 유럽과 미국 기업이 고급 시장을 지배하는 반면 중국 기업은 저부가가치 제품을 지배합니다.

무역 장벽: 미국과 유럽은 텅스텐 제품에 관세를 부과하여 수출 경쟁력에 영향을 미쳤습니다.

산업 집중: 중소기업은 기술적으로 낙후되어 있으며 인수되거나 도태될 위험에 직면해 있습니다.

기회:

글로벌 수요: 항공우주, 반도체, 신에너지에 대한 수요가 증가하고 있으며 세계 시장은 2030년까지 수십억 달러에 이를 것으로 예상됩니다.

"일대일로(One Belt, One Road)": 중국 기업은 동남아시아와 아프리카 시장을 확대하고 기술과 생산 능력을 수출할 수 있습니다.

브랜드 구축: 기술 업그레이드를 통해 중국 기업은 중고급 시장에서 입지를 다질 것으로 예상됩니다.

대처 전략:

제품의 부가가치를 높이고 고순도 및 도핑 된 텅스텐 막대를 개발하십시오.

국제 협력을 강화하고 무역 장벽을 우회합니다.

산업 통합을 촉진하고 집중력을 향상시킵니다.

9.4.3 환경 보호 및 지속 가능한 개발을 위한 요구 사항

도전:

환경 보호 압력: 텅스텐 채굴 및 제련은 폐수 및 폐가스를 생산하고 환경 보호 비용은 생산 비용의 20%를 차지합니다.

탄소 중립 목표: 2030년까지 탄소 배출량이 정점에 도달하려면 기업은 에너지 소비를 줄여야 하며, 기존 프로세스는 표준을 충족하기 어렵습니다.

방사능 관리: 토륨 도핑된 텅스텐 막대는 엄격하게 제어해야 하므로 규정 준수 비용이 증가합니다.

기회:

녹색 시장: 환경 친화적인 텅스텐 막대(예: 비토륨 전극)에 대한 수요가 증가하고 있으며 시장 전망이 넓습니다.

재활용 텅스텐 잠재력: 폐 텅스텐 재활용 기술은 성숙하고 비용은 원광석 채굴보다 저렴합니다.

정책 배당금: 정부는 전환 비용을 줄이기 위해 녹색 제조 프로젝트에 보조금을 지급합니다.

대처 전략:

재활용 텅스텐 및 저에너지 기술을 촉진하여 환경 보호 비용을 절감합니다.

환경 규제를 충족하기 위한 비토륨 도핑 전극 개발.

탄소중립 목표에 부응하기 위한 탄소발자국 관리 체계를 구축합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문



CTIA GROUP LTD 텅스텐 막대

Chapter 10 결론

고성능 내화 금속 재료로서 텅스텐 막대는 우수한 물리적, 화학적 및 기계적 특성으로 인해 항공 우주, 전자, 용접, 군사 산업 및 신 에너지 분야에서 대체 할 수 없는 역할을 합니다. 이 장에서는 텅스텐 막대의 핵심 가치와 응용 전망을 요약하고, 미래의 발전 방향을 기대하고, 산업 발전에 대한 제안을 제시하고, 이 연구의 한계와 향후 연구 전망을 반영합니다.

10.1 텅스텐 막대의 핵심 가치와 응용 전망

핵심 가치:

텅스텐 막대는 높은 용점, 고밀도, 우수한 경도 및 고온 및 내식성으로 인해 주요 산업 재료의 대표자가 되었습니다. 그 핵심 가치는 다음과 같은 측면에 반영됩니다.

고성능 보장 : 텅스텐 막대는 극한 환경 (예 : 고온, 고압, 아크)에서 안정적으로 유지되며 항공 우주 (예 : 노즐 라이닝), 반도체 (스퍼터링 타겟) 및 군사 (갑옷 피어싱 총알 코어)의 높은 요구 사항을 충족합니다.

기능적 다양성 : 순수 텅스텐 막대, 고순도 텅스텐 막대 및 도핑 된 텅스텐 막대 (예 : WC20 및 WL20)는 다양한 시나리오를 제공하며, 도핑 최적화는 아크 성능을 향상시키고 합금은 강도와 전도성을 향상시킵니다.

전략적 중요성 : 텅스텐은 희소 한 전략적 자원이며, 텅스텐 막대 산업 체인에는 국가 안보 및 고급 제조가 포함되며, 글로벌 공급망은 중국 (생산의 83 % 차지)에 의존하여 지리적 경제적 가치를 강조합니다.

지속 가능한 잠재력: 재활용 텅스텐 기술 및 친환경 제조 공정의 발전은 자원 소비와 환경 영향을 줄이고 산업의 장기적인 경쟁력을 향상시킵니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

응용 프로그램 전망:

항공 우주: 글로벌 우주 프로그램(예: 중국의 우주 정거장 및 SpaceX의 우주선)의 발전으로 고온 부품 및 평형추용 텅스텐 막대에 대한 수요는 계속 증가할 것이며 시장 점유율은 2030년까지 20%로 증가할 것으로 예상됩니다.

전자 및 반도체: 5G, AI 칩 및 양자 컴퓨팅은 고순도 텅스텐 막대에 대한 수요를 급증시키고 있으며 스퍼터링 타겟 및 전극 시장은 연평균 8%의 성장률로 성장할 것으로 예상됩니다.

새로운 에너지: 태양광(단결정 실리콘 클램핑 로드) 및 풍력(고강도 부품)에 텅스텐 막대의 적용이 확대되어 글로벌 탄소 중립 목표의 이점을 누리고 있으며 시장 잠재력이 중요합니다.

용접 및 제조: 도핑된 텅스텐 전극은 자동차, 조선 및 건설 산업에서 널리 사용되며 고급 제조의 업그레이드로 수요가 꾸준히 증가하고 있습니다.

군사 및 의료: 갑옷 피어싱 코어 및 방사선 차폐 부품에 텅스텐 합금 막대에 대한 수요는 글로벌 국방 현대화 및 의료 장비 갱신에 의해 주도되며 시장 전망은 강력합니다.

10.2 텅스텐 막대의 향후 개발 방향

기술 혁신:

고순도 및 나노 기술: 텅스텐 막대의 순도를 99.99% 이상으로 개선하고 나노 결정질 텅스텐 막대(입자 크기 5-10 μ m)를 개발하여 반도체 및 항공 우주 요구 사항을 충족하는 인성 및 고온 성능을 향상시킵니다.

비도핑 도핑 전극: 방사성 WT20 전극을 대체하여 아크 안정성과 시장 수용도를 개선하기 위해 환경 친화적인 도핑 텅스텐 막대(예: W-La₂O₃, W-CeO₂)의 연구 개발.

새로운 텅스텐 합금: W-Ni-Fe, W-Cu 및 기타 합금의 공식을 최적화하고 강도, 전도성 및 환경 보호의 균형을 맞추며 군사 및 전자 응용 분야를 확장합니다.

친환경 제조: 마이크로파 소결, 플라즈마 소결(SPS) 및 불소가 없는 정제 공정을 촉진하고, 에너지 소비를 30% 줄이며, 폐수 및 배기 가스 배출을 줄입니다.

지능형 생산: 디지털 트윈, PLC 제어 및 블록체인 추적성 기술을 통합하여 생산 효율성을 20% 개선하고 전체 체인 품질 관리를 달성합니다.

시장 확장:

고급 시장 돌파구: 고순도 텅스텐 막대 및 도핑 전극의 연구 개발을 늘리고 유럽, 미국, 일본 및 한국의 고급 시장을 장악하고 수입 의존도를 줄입니다.

신흥 시장 개발: "일대일로" 이니셔티브를 통해 동남아시아, 아프리카 및 남미 시장을 확대하고 텅스텐 막대 기술 및 생산 능력을 수출합니다.

다양한 응용 분야: 새로운 에너지원(예: 수소 장치), 생물 의학(예: 고정밀 수술 도구) 및 양자 기술에서 텅스텐 막대의 새로운 용도를 탐색합니다.

공급망 최적화:

재활용 텅스텐 활용: 폐기물 텅스텐의 재활용률을 50%로 높이고 순환 경제 모델을 구축하며 자원에 대한 압력을 완화합니다.

공급 다각화: 베트남과 호주에서 떠오르는 텅스텐 광산 개발을 지원하고 글로벌 공급망에서 집중 위험을 줄입니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

지역 협력: 지정학적 영향을 피하기 위해 일본, 한국, 유럽연합(EU)과의 기술 및 무역 협력을 강화한다.

정책 및 표준:

국제 표준 제정: 텅스텐 막대에 대한 중국 주도의 국제 표준(예: ISO 24370 업데이트)을 홍보하여 글로벌 담론을 강화합니다.

강화된 환경 규제: 산업의 녹색 전환을 촉진하기 위해 더 엄격한 배출 및 재활용 표준이 설정되었습니다.

산업 지원 정책: R&D 보조금 및 세금 인센티브를 확대하고, 기술 혁신과 중소기업의 업그레이드를 장려합니다.

10.3 산업 발전을 위한 권장 사항

엔터프라이즈 수준에서:

R&D 투자 증가: 고순도 텅스텐 로드, 나노 기술 및 비토륨 도핑 공정에 중점을 두고, 핵심 장비(예: SPS 용광로)의 수입 의존도를 해소하고, R&D 가 매출의 5-8%를 차지하도록 권장합니다.

지능형 트랜스포메이션 촉진: CNC 장비 및 SCADA 시스템을 배포하고, 지능형 생산 라인을 구축하고, 2025 년까지 자동화율을 50% 이상 달성하여 인건비를 절감하고 일관성을 개선합니다.

브랜드 구축 강화: 국제 전시회(예: Hannover Messe) 및 인증(예: ISO 9001)을 통해 고급 시장에서 중국 텅스텐 막대 브랜드의 경쟁력을 강화합니다.

산업 체인의 통합 심화: 인수 합병 또는 협력을 통해 중소기업의 자원을 통합하고 산업 집중도를 높이며 광석에서 완제품에 이르기까지 공급망의 효율성을 최적화합니다.

재활용 텅스텐 산업의 레이아웃: 습식 체련 및 전해 회수 기술에 투자하고 2025 년까지 재활용 텅스텐 생산 비율을 30%로 늘리고 원자재 비용을 절감합니다.

정부 차원에서:

정책 지원 개선: 새로운 텅스텐 재료 및 녹색 제조의 연구 개발을 지원하기 위한 특별 기금을 도입하고 중소기업에 대한 세금 감면 및 면제를 2030 년까지 연장합니다. 자원 관리 강화: 2030 년까지 텅스텐 채굴 할당량을 최적화하고, 재활용 텅스텐 사용을 장려하며, 원광석 채굴을 20% 줄입니다.

국제 협력 촉진: "일대일로"이니셔티브를 통해 텅스텐 자원의 국제 동맹을 구축하여 기술 생산량과 시장 점유율을 확대합니다.

환경 감독 강화: 텅스텐 체련 배출 기준(예: $SO_2 < 30mg/m^3$)을 공식화하고 오염이 심한 기업의 생산을 제한하며 산업의 녹색 전환을 촉진합니다.

산학-학-연 협력 지원: 2025 년까지 기술 혁신을 가속화하고 10 가지 핵심 기술 혁신을 달성하기 위해 대학 및 기업(예: 칭화대학교, 샤먼텅스텐)의 공동 실험실에 자금을 지원합니다.

산업 협회 수준에서:

산업 표준 공식화: 텅스텐 막대 생산 및 테스트 표준(예: GB/T 4187)을 수정하여 국제 표준과 통합하고 제품 품질을 개선합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

커뮤니케이션 플랫폼 구축: 기업, 대학 및 정부 간의 협력을 촉진하고 녹색 제조 및 지능형 경험을 공유하기 위해 매년 텅스텐 산업 포럼을 조직합니다.

시장 조사 수행: 기업이 신흥 시장을 정확하게 레이아웃할 수 있도록 안내하기 위해 글로벌 텅스텐 막대 시장 보고서를 정기적으로 발행합니다.



CTIA GROUP LTD 텅스텐 막대

부록

A. 용어집

텅스텐 막대 : 텅스텐 또는 그 합금을 주성분으로 사용하는 막대와 같은 재료로 일반적으로 분말 야금 공정으로 제조됩니다.

분말 야금: 금속 분말을 혼합, 압착 및 소결하여 재료를 준비하는 과정.

열팽창 계수(Thermal Expansion Coefficient): 재료의 부피 또는 길이가 온도에 따라 변하는 속도입니다.

High Density: 재료의 조밀한 내부 구조와 낮은 다공성을 말하며 일반적으로 고강도와 관련이 있습니다.

소결 : 고온에서 금속 분말 입자를 고체 물질로 결합하는 공정.

열간 단조: 금속을 고온에서 단조하여 모양과 특성을 변경합니다.

로터리 단조: 바 생산에 적합한 회전과 압력으로 금속을 가공하는 공정.

열간 압출: 고온에서 금형을 통해 금속을 압출하는 공정.

텅스텐 합금 : 텅스텐을 매트릭스로 사용하고 니켈, 철, 구리 및 기타 원소를 첨가 한 복합 재료.

도핑된 텅스텐 막대: 희토류 또는 기타 원소를 첨가하여 특성을 향상시키는 텅스텐 막대입니다.

내식성: 화학적 공격에 저항하는 재료의 능력.

열전도율(Thermal Conductivity): 열을 전도하는 물질의 능력.

전기 전도성(Electrical Conductivity): 전류를 전도하는 물질의 능력.

저작권 및 법적 책임 선언문

크리프 저항(Creep Resistance): 재료가 고온과 일정한 응력 하에서 변형에 저항하는 능력입니다.

비파괴 검사: 구조를 손상시키지 않고 재료의 성능과 결함을 테스트하는 방법입니다.

ICP-MS(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry): 물질의 미량 원소를 분석하기 위한 기기입니다.

SEM/TEM(Scanning/Transmission Electron Microscopy): 물질의 미세구조를 관찰하는데 사용되는 현미경 기법입니다.

RWMA (Resistance Welding Manufacturers' Association) : 텅스텐 재료와 관련된 표준을 개발하는 Resistance Welding Manufacturers Association.

B. 참조

- [1] ASTM E8-21, 금속 재료의 인장 시험 표준, 미국 시험 및 재료 학회, 2021.
- [2] ISO 6892-1:2019, 실온에서 금속 재료의 인장 시험, 국제표준화기구, 2019.
- [3] GB/T 4187-2017, 텅스텐 막대, 국가 표준, 2017.
- [4] GB/T 3459-2017, 텅스텐 및 텅스텐 합금 제품, 국가 표준, 2017.
- [5] YS/T 695-2009, 텅스텐 전극, 비철금속에 대한 산업 표준, 2009.
- [6] 국제 텅스텐 협회, 텅스텐 재료 테스트 기술 가이드, 2023.
- [7] 중국 텅스텐 산업 협회, 텅스텐 막대 품질 관리 사양, 2022.
- [8] AWS A5.12, 아크 용접용 텅스텐 및 산화물 도핑된 텅스텐 전극 사양, 미국 용접 협회, 2009.
- [9] JIS Z 3211-2008, 텅스텐 전극, 일본 산업 표준, 2008.
- [10] DIN EN 26848, 텅스텐 및 텅스텐 합금 제품, 유럽 표준 협회, 1991.
- [11] YS/T 695-2017, 텅스텐 전극, 비철금속 산업 표준, 2017.
- [12] ASTM B760-07, 텅스텐 시트, 시트 및 호일에 대한 표준 사양, ASTM International, 2007.
- [13] ISO 24370:2005, Fine Ceramics and Refractory Metals, 국제표준화기구, 2005.
- [14] Yih, S. W. H., & Wang, C. T., 텅스텐: 소스, 야금, 속성 및 응용, Plenum Press, 1979.
- [15] Coolidge, W. D., 연성 텅스텐의 개발, 미국 전기 기술자 협회 거래, 1910.
- [16] 미국 지질조사국(U.S. Geological Survey), 텅스텐: 전략적 금속, 2018.
- [17] Lassner, E., & Schubert, W. D., 텅스텐: 원소, 합금 및 화합물의 특성, 화학, 기술, Springer, 1999.
- [18] 유럽연합 집행위원회(European Commission), EU 내 전략 기술 및 부문의 핵심 원자재(Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU), 2020 년.
- [19] ASTM B760-07, 텅스텐 플레이트, 시트 및 호일에 대한 표준 사양, ASTM International, 2007.
- [20] AWS A5.12, 아크 용접을 위한 텅스텐 및 산화물 분산 텅스텐 전극 사양, 미국 용접 학회, 2009.