

텅스텐 구리 막대 백과사전

中钨智造科技有限公司
CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

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

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

Copyright© 2025 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2025 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2025V
sales@chinatungsten.com

CTIA 그룹 소개

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

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

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

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



저작권 및 법적 책임에 대한 성명

CTIA GROUP LTD
Tungsten Copper Rod Introduction

1. Overview of Tungsten Copper Rod

Tungsten copper rod is composite materials produced by infiltrating high-purity tungsten powder with copper through a vacuum infiltration process. It possesses a unique microstructure that combines the high strength and high melting point of tungsten with the excellent electrical and thermal conductivity of copper. This results in a high-performance material with outstanding thermal stability, wear resistance, and electrical conductivity.

2. Characteristics of Tungsten Copper Rod

High Thermal Conductivity: The excellent thermal conductivity of copper ensures rapid heat dissipation, making it suitable for high-power devices and laser systems.

High Strength and High-Temperature Resistance: The stable mechanical properties of tungsten allow the material to remain reliable under extreme high-temperature conditions.

Resistance to Arc Erosion: The tungsten-copper composite structure provides exceptional resistance to arc erosion in electrical applications, significantly extending electrode service life.

Low Thermal Expansion Coefficient: Effectively reduces thermal stress and improves structural stability.

Excellent Machinability: Can be precisely fabricated into electrodes, heat sinks, or complex parts to meet diversified application requirements.

3. Performance Parameters of Tungsten Copper Rod

Product Name	Chemical Composition (%)		Physical and Mechanical Properties			
	Impurities ≤	W	Density (g/cm³)	Hardness (HB)	Resistivity (mΩ • cm)	Tensile Strength (MPa)
W50Cu	0.5	Balance	11.85	115	3.2	—
W60Cu	0.5	Balance	12.75	140	3.7	—
W70Cu	0.5	Balance	13.8	175	4.1	790
W80Cu	0.5	Balance	15.15	220	5	980
W90Cu	0.5	Balance	16.75	260	6.5	1160

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: tungsten-copper.com

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

예배 규칙서

제1장 텅스텐 구리 막대 개요

- 1.1 텅스텐 구리 막대의 정의 및 기본 개념
- 1.2 텅스텐-구리 복합소재의 개발 역사 및 기술 발전
- 1.3 재료 시스템에서 텅스텐 구리 막대의 지위와 역할
- 1.4 텅스텐 구리 소재의 국내외 연구 및 응용 현황

제2장 텅스텐 구리 막대의 주요 유형

- 2.1 텅스텐-구리 비율에 따른 분류
 - 2.1.1 W-Cu 50/50 텅스텐 구리 막대
 - 2.1.2 W-Cu 70/30 텅스텐 구리 막대
 - 2.1.3 W-Cu 75/25 텅스텐 구리 막대
 - 2.1.4 W-Cu 80/20 텅스텐 구리 막대
 - 2.1.5 W-Cu 85/15 텅스텐 구리 막대
 - 2.1.6 W-Cu 90/10 텅스텐 구리 막대
 - 2.1.7 특수 비율 텅스텐 구리 막대
- 2.2 응용 분야별 분류
 - 2.2.1 전기 및 전자 응용 분야용 텅스텐 구리 막대
 - 2.2.1.1 고전압 스위치 및 아크 접점
 - 2.2.1.2 방전 전극 및 점화 플러그 전극
 - 2.2.1.3 반도체 패키징 및 전도성 커넥터
 - 2.2.2 방열 및 열 관리를 위한 텅스텐 구리 막대
 - 2.2.2.1 마이크로 전자 및 집적 회로 방열판
 - 2.2.2.2 레이저 및 고출력 소자 방열 기관
 - 2.2.2.3 항공우주 냉각 구성 요소
 - 2.2.3 군사 및 항공우주 응용 분야를 위한 텅스텐 구리 막대
 - 2.2.3.1 전자기 총 및 보호 장갑 재료
 - 2.2.3.2 고에너지 무기용 전극 및 구성 요소
 - 2.2.3.3 로켓 노즐 및 추진 시스템 구성 요소
 - 2.2.4 기계 및 금형 산업용 텅스텐 구리 막대
 - 2.2.4.1 방전 가공(EDM)용 전극
 - 2.2.4.2 스탬핑 다이 및 내마모성 부품
 - 2.2.5 의료 및 과학 연구용 텅스텐 구리 막대
 - 2.2.5.1 의료용 전극 및 특수 프로브
 - 2.2.5.2 고에너지 물리학 실험 및 핵 산업 응용

제3장 텅스텐 구리 막대의 제조 및 생산 기술

- 3.1 원료 준비
 - 3.1.1 텅스텐 분말의 제조 및 품질 요구 사항
 - 3.1.2 전해구리의 제조 및 특성
 - 3.1.3 텅스텐 분말 크기, 형태 및 순도가 공정에 미치는 영향

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

- 3.2 텅스텐 기반 프리폼의 성형 공정
 - 3.2.1 프레싱(단축 프레싱, 등방 프레싱)
 - 3.2.2 소결 밀도화(진공 또는 수소 분위기)
 - 3.2.3 프리폼의 기공률 및 연결성 제어
- 3.3 진공 침투 공정
 - 3.3.1 진공 침투의 기본 원리
 - 3.3.2 침투로 구조 및 작동 원리
 - 3.3.3 구리 침투 온도, 진공도 및 침투 동역학
 - 3.3.4 침투 중 계면 반응 및 미세 구조 진화
 - 3.3.5 침투 균일성 및 품질 관리
- 3.4 후처리 및 가공
 - 3.4.1 열처리 및 응력 완화
 - 3.4.2 정밀 가공 및 치수 제어
 - 3.4.3 표면 개질 및 코팅 기술
- 3.5 새로운 프로세스 탐색
 - 3.5.1 나노텅스텐 구리 프리폼 및 초미세 구리 침투 기술
 - 3.5.2 진공 침투와 적층 제조의 조합
 - 3.5.3 높은 균일성 및 낮은 다공성 최적화 공정

제4장 텅스텐 구리 막대의 물리적 및 화학적 특성

- 4.1 텅스텐 구리 막대의 기본 물리적 특성
 - 4.1.1 텅스텐 구리 막대의 밀도 및 비중
 - 4.1.2 텅스텐 구리 막대의 용점 및 열 안정성
 - 4.1.3 텅스텐 구리 막대의 열팽창 계수 및 열전도도
 - 4.1.4 텅스텐 구리 막대의 전도도 및 저항률
- 4.2 텅스텐 구리 막대의 기계적 성질
 - 4.2.1 텅스텐 구리 막대의 경도 및 강도
 - 4.2.2 텅스텐 구리 막대의 연성 및 인성
 - 4.2.3 텅스텐 구리 막대의 내마모성 및 내충격성
- 4.3 텅스텐 구리 막대의 화학적 특성
 - 4.3.1 텅스텐 구리 막대의 산화 및 내식성
 - 4.3.2 텅스텐 구리 막대의 고온 화학적 안정성
 - 4.3.3 텅스텐 구리 막대와 다른 금속의 호환성
- 4.4 텅스텐 구리 막대의 미세구조 및 조직 특성
 - 4.4.1 텅스텐 구리 막대의 결정 구조 및 상 조성
 - 4.4.2 텅스텐 및 구리 상의 분포 특성
 - 4.4.3 계면 결합 메커니즘 및 미세 구조 분석
- 4.5 중국 텅스텐 지능형 제조 구리 텅스텐 막대 MSDS

제5장 텅스텐 구리 막대의 주요 응용 분야

- 5.1 전기 및 전자
- 5.2 항공우주 및 방위 산업

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

- 5.3 기계 및 금형 산업
- 5.4 열 관리 및 방열 장치
- 5.5 기타 응용 분야

제6장 텅스텐 구리 막대 생산 장비 및 공정 관리

- 6.1 분말 제조 및 성형 장비
- 6.2 진공소결 및 프리폼 제조 장비
- 6.3 진공 침투 장비(코어)
- 6.4 후처리 및 가공 장비
- 6.5 테스트 및 품질 관리 장비

제7장 텅스텐 구리 막대의 품질 검사 및 평가 방법

- 7.1 텅스텐 구리 막대의 외관 및 치수 검사
- 7.2 텅스텐 구리 막대의 물리적 특성 시험
- 7.3 텅스텐 구리 막대의 기계적 성질 시험
- 7.4 텅스텐 구리 막대의 화학적 특성 시험
- 7.5 텅스텐 구리 막대의 미세조직 및 조직 분석
- 7.6 일반적으로 사용되는 국제 시험 표준 및 방법 비교

제8장 텅스텐 구리 막대의 표준 및 규격

- 8.1 중국의 텅스텐 구리 막대에 대한 국가 및 산업 표준
- 8.2 텅스텐 구리 막대에 대한 국제 표준(ISO, ASTM, IEC 등)
- 8.3 텅스텐 구리 막대에 대한 미국 표준(ASTM, ANSI, SAE)
- 8.4 텅스텐 구리 막대에 대한 유럽 표준(EN, DIN, BS)
- 8.5 텅스텐 구리 막대에 대한 일본 표준(JIS)
- 8.6 텅스텐 구리 막대 표준의 비교 및 적용성 분석

제9장 텅스텐 구리 막대의 성능 최적화

- 9.1 합금 비율이 특성에 미치는 영향
 - 9.1.1 텅스텐-구리 비율 및 전기 및 열 전도도
 - 9.1.2 텅스텐-구리 비율 및 기계적 특성
 - 9.1.3 텅스텐-구리 비율 및 열팽창 계수
 - 9.1.4 최적화 전략
- 9.2 열처리 및 성능 향상
 - 9.2.1 어닐링
 - 9.2.2 용액 처리 및 노화 처리
 - 9.2.3 열간 등압 성형(HIP)
 - 9.2.4 참고사항
- 9.3 미세구조와 특성 간의 관계
 - 9.3.1 텅스텐 입자 크기 및 분포
 - 9.3.2 미세구조와 특성 간의 관계
 - 9.3.3 인터페이스 분당 상태

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

- 9.3.4 미세구조 분석 기술
- 9.4 마모 및 부식 저항성 최적화
 - 9.4.1 내마모성 최적화
 - 9.4.2 내식성 최적화
 - 9.4.3 포괄적 최적화 사례
 - 9.4.4 참고사항

제10장 텅스텐 구리 막대의 선택 및 사용 안내

- 10.1 올바른 텅스텐 구리 막대를 선택하는 방법
 - 10.1.1 애플리케이션 시나리오 및 성능 요구 사항 명확화
 - 10.1.2 텅스텐 구리 막대의 사양 및 표준 이해
 - 10.1.3 공급업체 신뢰성 평가
 - 10.1.4 맞춤형 요구 사항
 - 10.1.5 비용 및 성능 균형
 - 10.1.6 구매 프로세스 권장 사항
- 10.2 보관 및 운송 시 주의사항
 - 10.2.1 저장 환경
 - 10.2.2 패키징 요구 사항
 - 10.2.3 운송 시 주의사항
 - 10.2.4 특수 시나리오에서의 보관 및 운송
- 10.3 사용 중 유지 관리 및 관리
 - 10.3.1 처리 중 유지 관리
 - 10.3.2 작동 중 유지 관리
 - 10.3.3 보관 및 재사용
 - 10.3.4 유지 관리 기록
- 10.4 일반적인 문제 및 해결책
 - 10.4.1 표면 산화
 - 10.4.2 아크 침식
 - 10.4.3 균열 처리
 - 10.4.4 전도도 감소
 - 10.4.5 열팽창 불일치
 - 10.4.6 저장 변형
 - 10.4.7 사례 분석

제11장 텅스텐 구리 막대의 시장 및 개발 동향

- 11.1 글로벌 텅스텐-구리 소재 산업 체인 개요
- 11.2 시장 수요 구조 및 응용 프로그램 점유율 분석
- 11.3 텅스텐 구리 막대의 미래 개발 동향
 - 11.3.1 고성능 및 나노기술
 - 11.3.2 녹색 준비 및 지속 가능한 개발
 - 11.3.3 새로운 응용 프로그램 지침

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

총수

A. 용어집

B. 참고문헌



1

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

Copyright© 2025 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2025 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2025V
sales@chinatungsten.com

제1장 텅스텐 구리 막대 개요

1.1 텅스텐 구리 막대의 정의 및 기본 개념

텅스텐 구리 막대는 텅스텐(W)과 구리(Cu)로 구성된 금속 기반 복합 소재로, 일반적으로 텅스텐을 모재로 하고 구리를 부성분으로 하여 특정 공정을 통해 생산됩니다. 텅스텐 구리 막대의 구리 함량은 일반적으로 10%에서 50% 사이이며, 구체적인 비율은 적용 분야에 따라 결정됩니다. 이 소재는 텅스텐의 높은 용점, 높은 경도, 높은 밀도, 내마모성과 구리의 뛰어난 전기 및 열 전도성을 결합하여 독특한 물리적 및 화학적 특성을 나타냅니다. 텅스텐과 구리의 용점(텅스텐의 용점은 약 3410° C, 구리의 용점은 약 1083° C)이 현저히 다르고 두 재료가 서로 섞이지 않기 때문에 텅스텐 구리 막대는 전통적인 주조 방식으로는 생산할 수 없습니다. 따라서 일반적으로 혼합, 압착, 소결, 구리 함침 등의 분말 야금 기술이 사용됩니다.

텅스텐 구리 막대의 기본적인 특성은 다음과 같습니다.

높은 전기 및 열 전도성: 구리의 높은 전기 및 열 전도성으로 인해 텅스텐 구리 막대는 뛰어난 전기 및 열 전도성을 가지므로 전기 및 전자 분야에서 널리 사용됩니다.

고온 저항성: 텅스텐의 높은 용점과 고온 강도는 텅스텐 구리 막대가 매우 높은 온도 환경에서 구조적 안정성을 유지할 수 있도록 합니다. 특히 3000 °C 이상에서는 구리가 액화 및 증발하여 많은 열을 흡수하고 재료의 표면 온도를 낮춥니다. 따라서 텅스텐 구리 막대는 "금속 발한 재료"라고도 합니다.

낮은 열팽창 계수: 텅스텐의 낮은 열팽창 특성으로 인해 텅스텐 구리 막대는 고온 환경에서 우수한 치수 안정성을 갖습니다.

높은 경도와 내마모성: 텅스텐의 높은 경도와 내마모성으로 인해 텅스텐 구리 막대는 뛰어난 기계적 특성을 가지게 되어 내마모성 부품과 금형을 제조하는 데 적합합니다.

우수한 아크 차단 성능: 텅스텐 구리 막대는 고전압 아크 환경에서 우수한 성능을 발휘하며 전기 접점 재료 및 전극으로 사용하기에 적합합니다.

텅스텐 구리 막대의 일반적인 제조 공정에는 분말 야금, 열간 등방성 가압 성형, 그리고 용침 공정이 있습니다. 분말 야금은 고순도 텅스텐 분말과 고순도 구리 분말을 특정 비율로 혼합한 후 등방성 가압 성형, 고온 소결, 그리고 구리 용침 공정을 거칩니다. 이 공정은 재료 내부 구조의 균일성을 보장하는 동시에 전기적, 열적, 기계적 특성을 최적화합니다.

1.2 텅스텐-구리 복합소재의 개발 역사 및 기술 발전

텅스텐-구리 복합소재의 개발은 20세기 초에 시작되었습니다. 고성능 소재에 대한 산업계의 수요가 증가함에 따라 텅스텐-구리 합금은 점차 주목을 받았습니다. 텅스텐-구리 합금의 개발 역사와 기술 발전의 주요 단계는 다음과 같습니다.

1.2.1 초기 탐사(20세기 초부터 1950년대까지)

텅스텐-구리 복합재의 개발은 고성능 전기 접점 재료에 대한 필요성에서 비롯되었습니다. 20세기 초, 전기 및 전자 산업의 급속한 발전은 높은 전도성과 고온

저항성을 가진 재료에 대한 수요를 더욱 증가시켰습니다. 단일 금속으로는 이러한 요구 사항을 동시에 충족할 수 없었기 때문에 과학자들은 텅스텐-구리 복합재를 연구하기 시작했습니다. 초기 텅스텐-구리 재료는 주로 텅스텐과 구리 분말을 기계적으로 혼합한 후, 프레스 및 소결하는 방식으로 생산되었습니다. 그러나 공정상의 한계로 인해 재료의 균일성과 성능 안정성이 낮았습니다.

1.2.2 분말야금 기술의 성숙도(1950년대~1980년대)

20세기 중반, 분말 야금 기술의 발전은 텅스텐-구리 복합재 개발에 기술적 지원을 제공했습니다. 연구진은 텅스텐과 구리 분말의 혼합 비율, 입자 크기, 그리고 소결 공정을 최적화하여 재료의 전기 전도도와 기계적 특성을 크게 향상시켰습니다. 구리 함침 기술의 도입은 텅스텐-구리 복합재의 밀도와 균일성을 더욱 향상시켰습니다. 이 시기에 텅스텐-구리 소재는 전기 접점, 저항 용접 전극, 그리고 항공우주 부품에 사용되기 시작했습니다.

1.2.3 신기술 도입 (1980년대~2000년대)

재료 과학의 발전으로 열간 등방성 가압 성형, 플라즈마 소결, 레이저 소결과 같은 새로운 제조 공정이 텅스텐-구리 복합재 제조에 도입되었습니다. 이러한 기술은 재료의 밀도와 성능 일관성을 크게 향상시켰습니다. 예를 들어, 텅스텐-구리 분말을 고온 고압에서 가압하는 열간 등방성 가압 성형은 고정밀 전자 패키징 및 항공우주 분야에 적합한 고밀도 텅스텐-구리 막대를 생산할 수 있습니다. 또한, 나노기술의 적용은 텅스텐 및 구리 분말의 입자 크기를 더욱 미세화하여 재료의 미세 구조와 특성을 향상시켰습니다.

1.2.4 현대 기술과 다양한 응용 분야(2000년대부터 현재까지)

21세기 이후 텅스텐-구리 복합재의 연구 및 응용은 새로운 국면에 접어들었습니다. 첨단 제조 기술(적층 제조 및 마이크로 나노 제작 등)의 발전으로 텅스텐-구리 막대의 성능이 더욱 최적화되었고, 응용 분야도 더욱 광범위해졌습니다. 예를 들어, 3D 프린팅 기술의 도입으로 항공우주 및 원자력 산업의 특수한 요구를 충족하기 위해 텅스텐-구리 복합재로부터 복잡한 형상의 부품을 생산할 수 있게 되었습니다. 또한 연구자들은 다양한 응용 시나리오에 맞게 다양한 텅스텐-구리 비율을 갖는 합금 시스템을 개발했습니다. 예를 들어, 높은 경도와 내마모성이 필요한 응용 분야에는 높은 텅스텐 함량(70%-90%)이 사용되는 반면, 높은 전기 전도도가 필요한 응용 분야에는 낮은 텅스텐 함량(50%-70%)이 사용됩니다.

1.2.5 향후 개발 동향

앞으로 텅스텐-구리 복합재료의 개발은 다음과 같은 측면에 집중될 것입니다.

녹색 제조: 콜드 스프레이 기술, 녹색 분말 야금 기술 등 저에너지, 저오염 제조 공정을 개발합니다.

성능 최적화: 희토류 원소나 기타 미량 원소를 도핑함으로써 텅스텐 구리 소재의 기계적 특성과 전열 특성을 더욱 향상시킬 수 있습니다.

지능형 응용: 지능형 제조 기술과 결합하여 차세대 전자 장치 및 에너지 장비의 요구

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

사항을 충족하는 적응형 특성을 갖춘 텅스텐-구리 복합 재료를 개발합니다.

1.3 재료 시스템에서 텅스텐 구리 막대의 지위와 역할

현대 재료 시스템에서 텅스텐 구리 막대는 고성능 복합 소재로서 중요한 위치를 차지합니다. 텅스텐 구리 막대는 독특한 특성 조합으로 인해 여러 첨단 기술 분야에서 필수적인 소재로 자리 잡았습니다. 텅스텐 구리 막대의 주요 기능은 다음과 같습니다.

1.3.1 전기 및 전자 분야

텅스텐 구리 막대는 뛰어난 전기 전도성과 내마모성으로 인해 전기 접점 재료, 저항 용접 전극, 전자 패키징 재료 제조에 널리 사용됩니다. 예를 들어, 고전압 스위치기어에서 텅스텐 구리 막대는 고전압과 아크 충격을 견딜 수 있는 전기 접점 역할을 하여 장비의 안정성과 내구성을 보장합니다. 전자 패키징 분야에서 텅스텐 구리 막대는 낮은 열팽창 계수와 높은 열전도도를 자랑하여 반도체 소자의 방열 기관 소재로 이상적인 소재입니다.

1.3.2 항공우주 및 방위 산업

텅스텐 구리 막대는 고온 강도와 내마모성이 뛰어나 항공우주 산업에서 중요한 응용 분야입니다. 예를 들어, 항공기 엔진과 우주선에서 텅스텐 구리 막대는 고온 열전도성 부품과 내마모성 부품을 제조하는 데 사용되며, 극한 환경에서도 안정적인 성능을 유지합니다. 또한, 텅스텐 구리 막대는 밀도가 높아 방위 산업에서 철갑탄 코어와 균형추 부품 제조에도 적합합니다.

1.3.3 기계가공 및 금형 제작

텅스텐 구리 막대는 내마모성과 열전도성이 뛰어나 절삭 공구, 스탬핑 다이, 다이캐스팅 금형 제작에 이상적인 소재입니다. 예를 들어, 알루미늄 합금 다이캐스팅 금형에서는 텅스텐 구리 막대를 코어 로드와 노즐로 사용하여 금형의 수명을 크게 연장하고 제품 품질을 향상시킬 수 있습니다.

1.3.4 핵 산업 및 에너지

핵융합로에서는 텅스텐 구리 막대가 다이버터 히트싱크로 사용되어 고온 고압 환경에서 열 부하와 입자 충격을 견딜 수 있습니다. 또한, 텅스텐 구리 막대는 히트파이프 및 방열 부품 제조에도 사용되어 원자력 발전 설비와 고온 산업용 용광로의 효율과 수명을 향상시킵니다.

1.3.5 기타 지역

텅스텐 구리 막대는 마찰재(브레이크 패드 등), 화학 장비(내식성 열전도 부품 등), 의료 장비(방사선 차폐 부품 등)에도 널리 사용됩니다. 텅스텐 구리 막대의 다재다능함과 높은 성능은 소재 산업에서 대체 불가능한 위치를 차지합니다.

1.4 텅스텐 구리 소재의 국내외 연구 및 응용 현황

1.4.1 국내 연구 및 응용 현황

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

중국은 세계에서 가장 풍부한 텅스텐 자원을 보유한 국가이며, 텅스텐-구리 소재의 연구 및 생산에 있어 상당한 우위를 점하고 있습니다. 최근 몇 년간 국내 연구 기관과 기업들은 텅스텐-구리 복합 소재 분야에서 중요한 진전을 이루었습니다.

연구 진행 상황: 국내 대학 및 연구 기관(칭화대학교, 중난대학교, 중국과학원 금속연구소 등)은 텅스텐-구리 소재의 제조, 성능 최적화 및 미세 구조 분석에 대한 심층 연구를 수행해 왔습니다. 예를 들어, 란탄 및 세륨과 같은 희토류 원소를 도핑하여 텅스텐-구리 소재의 기계적 특성과 내산화성을 향상시켰습니다. 또한, 플라즈마 소결 및 마이크로파 소결과 같은 새로운 제조 기술을 통해 텅스텐-구리 막대의 밀도와 성능 균일성이 크게 향상되었습니다.

적용 현황: 국내에서 텅스텐 구리 막대는 전력, 전자, 항공우주 및 기계 가공 분야에서 널리 사용되고 있습니다. 예를 들어, 고성능 텅스텐 구리 막대는 전기 접점 재료, 저항 용접 전극 및 전자 패키징 기판에 사용됩니다. 또한, 중국에서는 다양한 응용 분야 요구를 충족하기 위해 다양한 텅스텐 구리 합금 등급(예: WCu10, WCu20, WCu30)이 개발되었습니다.

산업적 우위: 중국은 텅스텐 광석 채굴부터 텅스텐 구리 막대 생산까지 완벽한 텅스텐 산업 체인을 갖추고 있어 강력한 산업 경쟁력을 형성합니다.

1.4.2 해외 연구 및 응용 현황

특히 유럽, 미국, 일본 등 외국에서는 텅스텐 구리 소재에 대한 연구 및 응용이 일찍부터 시작되었으며, 이들 지역의 관련 기술은 비교적 성숙되어 있다.

연구 진행 상황: 미국, 일본, 독일은 텅스텐-구리 복합 재료의 제조 및 성능 최적화 분야를 선도하고 있습니다. 예를 들어, 미국의 CBMM은 항공우주 및 방위 산업에 사용되는 고성능 텅스텐-구리 막대를 개발했습니다. 일본은 나노 기술과 정밀 소결 공정을 통해 반도체 패키징에 널리 사용되는 고밀도 텅스텐-구리 재료를 생산했습니다. 독일 연구 기관들은 핵융합 분야에서 텅스텐-구리 재료의 응용 분야에 집중하여 다이버터 히트 싱크에 적합한 텅스텐-구리 복합 재료를 개발하고 있습니다.

적용 현황: 해외에서 텅스텐 구리 막대는 주로 고정밀 전자 장치, 항공우주 부품, 원자력 산업 장비에 사용됩니다. 예를 들어, 미국에서는 위성 방사체와 미사일 부품 제조에 텅스텐 구리 막대가 사용되고 있으며, 일본산 텅스텐 구리 소재는 고급 전자 패키징 및 저항 용접 전극에 사용됩니다. 유럽에서는 ITER 프로젝트와 같은 핵융합 연구의 방열판으로 텅스텐 구리 막대가 널리 사용되고 있습니다.

기술적 특징: 외국 기업들은 텅스텐 구리 소재 제조 과정에서 고정밀 및 복잡한 형상의 부품 생산에 더욱 중점을 두고 있습니다. 예를 들어, 적층 제조 기술을 적용하면 외국 기업들은 복잡한 형상의 텅스텐 구리 부품을 생산할 수 있습니다. 또한, 외국 기업들은 텅스텐 구리 막대의 내식성과 전도성을 향상시키는 표면 처리 기술(금 및 니켈 도금 등)에서도 우위를 점하고 있습니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

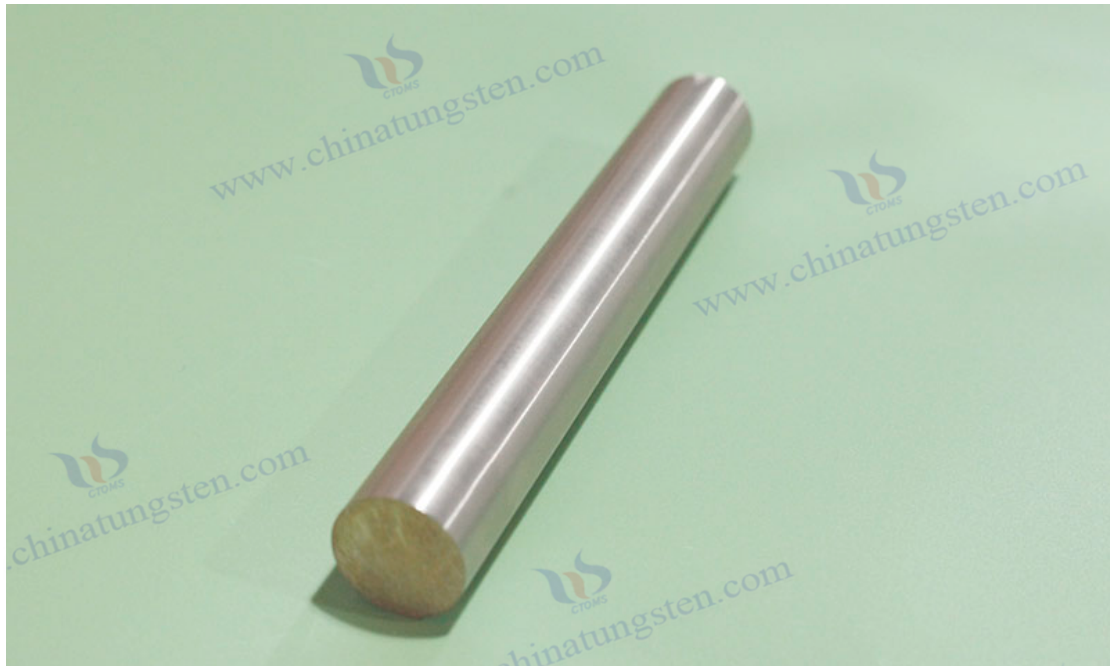
1.4.3 국내외 격차 및 향후 전망

중국은 텅스텐-구리 소재의 생산 규모와 자원 우위 측면에서 선두를 달리고 있지만, 고정밀 제조 공정, 복잡한 부품 제조, 그리고 첨단 응용 분야에서는 여전히 외국과 격차가 존재합니다. 예를 들어, 외국은 나노 스케일 텅스텐-구리 소재와 적층 제조 기술 연구 개발 분야에서 더 앞서 있습니다. 앞으로 중국은 다음 분야의 연구를 강화해야 합니다.

최첨단 제조 기술: 3D 프린팅, 레이저 소결 등 고정밀, 복잡한 모양의 텅스텐 구리 부품 제조 기술을 개발합니다.

성능 최적화: 텅스텐 구리 소재의 전기 전도도, 열 전도도 및 기계적 특성은 도핑 및 새로운 공정을 통해 더욱 향상됩니다.

국제 협력: 국제 과학 연구 기관 및 기업과의 협력을 강화하고, 해외 선진 기술을 학습하며, 글로벌 시장에서 텅스텐 구리 소재의 응용을 촉진합니다.



저작권 및 법적 책임에 대한 성명

CTIA GROUP LTD
Tungsten Copper Rod Introduction

1. Overview of Tungsten Copper Rod

Tungsten copper rod is composite materials produced by infiltrating high-purity tungsten powder with copper through a vacuum infiltration process. It possesses a unique microstructure that combines the high strength and high melting point of tungsten with the excellent electrical and thermal conductivity of copper. This results in a high-performance material with outstanding thermal stability, wear resistance, and electrical conductivity.

2. Characteristics of Tungsten Copper Rod

High Thermal Conductivity: The excellent thermal conductivity of copper ensures rapid heat dissipation, making it suitable for high-power devices and laser systems.

High Strength and High-Temperature Resistance: The stable mechanical properties of tungsten allow the material to remain reliable under extreme high-temperature conditions.

Resistance to Arc Erosion: The tungsten-copper composite structure provides exceptional resistance to arc erosion in electrical applications, significantly extending electrode service life.

Low Thermal Expansion Coefficient: Effectively reduces thermal stress and improves structural stability.

Excellent Machinability: Can be precisely fabricated into electrodes, heat sinks, or complex parts to meet diversified application requirements.

3. Performance Parameters of Tungsten Copper Rod

Product Name	Chemical Composition (%)		Physical and Mechanical Properties			
	Impurities ≤	W	Density (g/cm³)	Hardness (HB)	Resistivity (mΩ • cm)	Tensile Strength (MPa)
W50Cu	0.5	Balance	11.85	115	3.2	—
W60Cu	0.5	Balance	12.75	140	3.7	—
W70Cu	0.5	Balance	13.8	175	4.1	790
W80Cu	0.5	Balance	15.15	220	5	980
W90Cu	0.5	Balance	16.75	260	6.5	1160

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: tungsten-copper.com

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

제2장 텅스텐 구리 막대의 주요 유형 및 분류

고성능 복합 재료인 텅스텐 구리 막대는 주로 텅스텐 대 구리 비율과 응용 분야에 따라 다양한 유형과 분류로 나뉩니다. 텅스텐 구리 막대의 성능은 텅스텐 대 구리 비율에 따라 달라집니다. 다양한 비율의 막대는 특정 산업 분야에 맞게 설계되어 전기 전도도, 열 전도도, 기계적 강도 및 고온 저항에 대한 다양한 요구 사항을 충족합니다. 또한, 응용 분야에 따라 텅스텐 구리 막대는 전기 및 전자, 방열 및 열 관리, 군사 및 항공우주, 기계 및 금형 산업, 의료 및 과학 연구 등의 범주로 더 세분화됩니다. 아래에서는 텅스텐 구리 막대의 분류와 다양한 분야에서의 특정 응용 분야에 대해 자세히 설명합니다.

2.1 텅스텐-구리 비율에 따른 분류

텅스텐 구리 막대의 성능은 텅스텐 대 구리 함량 비율과 밀접한 관련이 있습니다. 텅스텐 대 구리 함량 비율이 다른 막대는 전기 전도도, 열 전도도, 경도, 내마모성, 고온 저항성에서 상당한 차이를 보입니다. 다음은 일반적인 텅스텐 구리 함량 비율과 그 특성 및 용도에 대한 분류입니다.

2.1.1 W-Cu 50/50 텅스텐 구리 막대 (균형 잡힌 전기 및 열 전도도)

W-Cu 50/50 텅스텐 구리 막대는 텅스텐 50%, 구리 50%로 구성되어 있어 일반적인 전기 전도도와 열 전도도의 균형을 이룹니다. 높은 구리 함량으로 인해 이 유형의 텅스텐 구리 막대는 우수한 전기 전도도(순수 구리의 약 50%-60%)와 열 전도도(약 200-250 W/m·K)를 가지면서도 일정 수준의 기계적 강도와 내마모성을 유지합니다. 주요 특징은 다음과 같습니다.

높은 전도성: 빠른 전기 신호 전송이 필요한 상황에 적합합니다.

뛰어난 열전도성: 열을 효율적으로 방출할 수 있어 열 관리 장치에 적합합니다.

중간 정도의 기계적 강도: 텅스텐 함량이 높은 소재와 비교했을 때 경도와 내마모성은 약간 낮지만 가공 성능은 더 좋습니다.

용도: W-Cu 50/50 텅스텐 구리 막대는 전자 패키징 소재, 커넥터 및 저전압 전기 접촉 부품에 널리 사용됩니다. 예를 들어, 집적 회로의 전도성 기판 및 커넥터에서 이 소재는 안정적인 전기 신호 전달과 탁월한 열 관리 기능을 제공합니다. 또한 저항 용접 전극 및 저전력 아크 접점 제조에도 사용됩니다.

제조 특성: 이 유형의 텅스텐 구리 막대는 일반적으로 고순도 텅스텐 분말과 구리 분말을 혼합한 분말 야금법을 통해 생산되며, 이후 압축 및 소결 과정을 거칩니다. 일부 공정에는 재료 밀도를 높이기 위해 구리 함침 단계가 포함될 수 있습니다. 구리 함량이 높기 때문에 소결 온도가 비교적 낮아(약 1200~1300°C) 공정 비용이 낮습니다.

2.1.2 W-Cu 70/30 텅스텐 구리 막대 (전극 및 접점에 일반적으로 사용됨)

W-Cu 70/30 텅스텐 구리 막대는 70%의 텅스텐과 30%의 구리로 구성되어 있으며, 이는

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

전기 및 전자 분야에서 가장 일반적으로 사용되는 텅스텐-구리 비율 중 하나입니다. 이 유형의 소재는 전기 전도성, 열 전도성 및 기계적 강도의 균형이 잘 잡혀 있어 전극 및 전기 접점 소재로 사용하기에 적합합니다. 주요 특성은 다음과 같습니다.

더 높은 경도와 내마모성: 텅스텐 함량이 증가하여 기계적 마모를 견디는 데 더 적합합니다.

중간 전도도: 전기 전도도는 순수 구리의 약 30%-40%로 중전압 및 고전압 전기 응용 분야에 적합합니다.

우수한 아크 차단 성능: 아크 환경에서 강력한 방산 방지 능력.

용도: W-Cu 70/30 텅스텐 구리 막대는 고전압 스위치 접점, 저항 용접 전극, 방전 가공(EDM) 전극 제조에 적합한 소재입니다. 예를 들어, 중전압 및 고전압 회로 차단기에서 이 소재는 잦은 아크 충격과 기계적 응력을 견뎌내 장비의 수명을 연장합니다. 또한 자동차 산업의 점용접 전극과 항공 산업의 전기 커넥터에도 사용됩니다.

제조 특성: 이 유형의 텅스텐 구리 막대는 일반적으로 분말 야금과 구리 함침법을 결합하여 생산됩니다. 텅스텐 함량이 높기 때문에 소결 공정은 재료의 균일성과 밀도를 보장하기 위해 더 높은 온도 (약 1300~1500 °C) 와 더 엄격한 공정 관리가 필요합니다.

2.1.3 W-Cu 75/25 텅스텐 구리 막대 (중간 열전도도 및 강도 조합)

W-Cu 75/25 텅스텐 구리 막대는 텅스텐 75%와 구리 25%를 함유하여 열전도도와 기계적 강도의 균형을 더욱 향상시킵니다. 이 소재는 높은 강도와 특정 열전도도가 모두 요구되는 용도에 적합합니다. 주요 특징은 다음과 같습니다.

더 높은 기계적 강도: 경도와 내마모성이 W-Cu 70/30보다 우수하여 고부하 환경에 적합합니다.

중간 열전도도: 열전도도는 약 150-200 W/m·K 로 중간 전력 열 관리 응용 분야에 적합합니다.

낮은 열팽창 계수: 텅스텐 함량이 높아 고온에서도 치수 안정성이 우수합니다.

용도: W-Cu 75/25 텅스텐 구리 막대는 중전력 전자 소자용 방열판 기판 및 전기 접점 소재 제조에 널리 사용됩니다. 예를 들어, IGBT 모듈과 같은 전력 반도체 소자에서 이 소재는 방열판 기판 역할을 하여 구조적 안정성을 유지하면서 효과적으로 열을 방출합니다. 또한 항공우주 산업에서 내마모성 부품 및 중전압 및 고전압 전기 접점 제조에도 사용됩니다.

제조 특성: 이 소재의 생산 공정은 W-Cu 70/30과 유사하지만, 텅스텐 함량 증가로 인해 소결 온도와 압력의 추가적인 최적화가 필요합니다. 일부 제조업체는 소재의 밀도와 성능의 일관성을 개선하기 위해 열간등방압성형(HIP) 기술을 사용합니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

2.1.4 W-Cu 80/20 텅스텐 구리 막대 (고강도 및 내마모성)

W-Cu 80/20 텅스텐 구리 막대는 텅스텐 80%, 구리 20%로 구성되어 고강도와 내삭마모성에 중점을 두었으며, 고하중 및 고온 환경에 적합합니다. 주요 특징은 다음과 같습니다.

매우 단단하고 내마모성이 뛰어납니다. 텅스텐 함량이 높아 기계적 마모에 대한 저항성이 매우 높습니다.

우수한 절삭 저항성: 고온 아크 또는 플라즈마 환경에서 우수한 성능을 발휘합니다.

낮은 전기 및 열 전도도: 전기 전도도는 순수 구리의 약 20%-30%이고, 열 전도도는 약 120-150 W/ m • K 입니다 .

용도: W-Cu 80/20 텅스텐 구리 막대는 주로 고강도 전극, 고온 항공우주 부품 및 군수 분야에 사용됩니다. 예를 들어, 플라즈마 절단기 및 EDM 장비에서 이 소재는 강한 아크 부식을 견딜 수 있는 전극으로 사용됩니다. 또한 로켓 노즐 스토포트 라이너 및 고온 내마모성 부품 제조에도 사용됩니다.

제조 특성: 텅스텐 함량이 높기 때문에 생산 공정에는 더 높은 소결 온도(약 1500~1600° C)와 더 복잡한 구리 함침 공정이 필요합니다. 일부 첨단 공정에서는 소재 미세 구조의 균일성을 향상시키기 위해 플라즈마 소결 또는 레이저 소결 기술을 사용합니다.

2.1.5 W-Cu 85/15 텅스텐 구리 막대 (고온 및 고강도형, 전기 전도도 고려)

W-Cu 85/15 텅스텐 구리 막대는 텅스텐 85%와 구리 15%로 구성되어 있습니다. 고온, 고강도 소재로 일정 수준의 전도성을 유지합니다. 주요 특징은 다음과 같습니다.

°C 에 가까운 극한 환경에서도 구조적 안정성을 유지할 수 있습니다 .

뛰어난 기계적 강도: 경도와 내마모성이 더욱 향상되어 극한의 작업 조건에 적합합니다.

낮은 전도도: 전기 전도도는 순수 구리의 약 15%-25%로 높은 강도가 필요한 전기 응용 분야에 적합합니다.

용도: W-Cu 85/15 텅스텐 구리 막대는 핵융합로, 항공우주 엔진 부품, 고전압 아크 접점용 다이버터 방열판에 널리 사용됩니다. 예를 들어, 국제열핵융합실험로(ITER) 프로젝트에서 이 소재는 높은 열 부하와 입자 충격을 견딜 수 있는 다이버터 방열판으로 사용됩니다. 또한 고에너지 레이저 및 플라즈마 전극 제조에도 사용됩니다.

제조 특성: 이러한 유형의 소재는 제조가 까다로우며, 일반적으로 고밀도와 안정적인 성능을 보장하기 위해 열간 등방성 가압 성형이나 플라즈마 소결을 사용합니다. 구리 함침 공정은 소재 내 기공이나 성능 불균일을 방지하기 위해 정밀한 제어가 필요합니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

2.1.6 W-Cu 90/10 텅스텐 구리 막대 (초고강도 및 고온 저항성)

W-Cu 90/10 타입 텅스텐 구리 막대는 텅스텐 90%와 구리 10%로 구성되어 있습니다. 텅스텐 구리 막대 중 가장 높은 강도와 고온 저항성을 지닌 유형으로, 극한의 작업 조건에 적합합니다. 주요 특징은 다음과 같습니다.

초고강도 및 내마모성: 순수 텅스텐에 가까운 기계적 성질로 극한의 기계적 하중에 적합합니다.

매우 강력한 고온 내구성: 매우 높은 온도와 플라즈마 환경에서 장시간 작동이 가능합니다.

매우 낮은 전기 및 열 전도도: 전기 전도도는 순수 구리의 10%-15%에 불과하고 열 전도도는 약 80-120 W/ m·K 입니다.

용도: W-Cu 90/10 텅스텐 구리 막대는 주로 극한 환경 및 군사 산업의 고온 부품에 사용됩니다. 예를 들어, 우주선 추진 시스템(예: 로켓 노즐)에서 이 소재는 고온 내마모성 라이닝 역할을 합니다. 또한 전자기총의 레일 및 핵융합 장치의 고온 부품 제조에도 사용됩니다.

제조 특성: 텅스텐 함량이 매우 높기 때문에 생산 공정에는 매우 높은 소결 온도(약 1600~1700° C)와 고압 조건이 필요합니다. 열간 등방성 가압 성형과 플라즈마 소결이 일반적으로 사용되는 제조 기술입니다. 일부 공정에서는 소결 특성 개선을 위해 미량 첨가제(예: 니켈 또는 철)를 첨가해야 합니다.

2.1.7 특수 비율 텅스텐 구리 막대(맞춤형 합금)

위에 언급된 표준 비율 외에도, 특정 응용 분야 요건에 따라 특수 비율의 텅스텐 구리 막대를 맞춤 제작할 수 있습니다. 예를 들어, 높은 전도성이 필요한 응용 분야에는 W-Cu 60/40, W-Cu 65/35 또는 구리 함량이 더 높은 합금을 사용할 수 있으며, 극한의 내마모성과 고온 환경에서는 초고함량 텅스텐 합금(예: W-Cu 95/5)을 사용합니다. 맞춤형 합금 개발은 일반적으로 다음과 같은 측면을 포함합니다.

도핑 변형: 희토류 원소(란탄, 세륨 등)나 전이 금속(니켈, 코발트 등)을 첨가하여 특정 특성을 개선하는 것입니다.

미세구조 최적화: 텅스텐 분말과 구리 분말의 입자 크기를 제어하여 재료의 균일성과 밀도가 최적화됩니다.

특수 공정: 적층 제조, 마이크로파 소결 또는 냉간 분무 기술을 사용하여 복잡한 모양이나 고성능의 텅스텐 구리 막대를 생산합니다.

용도: 맞춤형 합금은 최첨단 과학 연구, 항공우주 및 고급 전자 기기에 널리 사용됩니다. 예를 들어, 특정 비율의 텅스텐-구리 막대는 고에너지 물리 실험 장비의 타겟 및 원자력 산업의 방사선 차폐 부품 제조에 사용됩니다.

2.2 적용분야별 분류

텅스텐 구리 막대는 다양한 응용 분야에 따라 전기 및 전자, 방열 및 열 관리, 군사

및 항공우주, 기계 및 금형 산업, 그리고 의료 및 과학 연구의 다섯 가지 범주로 나눌 수 있습니다. 아래에서는 다양한 유형의 텅스텐 구리 막대의 구체적인 용도와 성능 요건을 자세히 소개합니다.

2.2.1 전기 및 전자 응용 분야를 위한 텅스텐 구리 막대

텅스텐 구리 막대는 전기 및 전자 분야에서 널리 사용됩니다. 뛰어난 전도성, 아크 차단 성능, 내마모성으로 인해 전기 접점 소재 및 전극 소재로 가장 선호됩니다.

2.2.1.1 고전압 스위치 및 아크 접점

고전압 스위치와 회로 차단기는 고전압과 아크 충격을 견디면서도 장기적인 안정성을 유지할 수 있는 소재가 필요합니다. W-Cu 70/30 및 W-Cu 75/25 텅스텐 구리 막대는 뛰어난 전도성과 탁월한 저항성으로 인해 아크 접점에 널리 사용됩니다. 주요 장점은 다음과 같습니다.

높은 아크 차단 성능: 아크를 빠르게 차단하고 접촉 연소를 줄일 수 있습니다.

고온 내구성: 아크의 고온에서도 구조적 무결성을 유지합니다.

긴 수명: 높은 경도와 내마모성으로 접점의 수명이 연장됩니다.

적용 사례: 고전압 송전 시스템 및 산업용 회로 차단기에서 텅스텐 구리 아크 접점은 10kV~500kV 범위의 스위치기어에 사용되며 수천 번의 스위칭 작업을 견딜 수 있습니다.

2.2.1.2 방전 전극 및 점화 플러그 전극

전기 스파크 가공(EDM)과 스파크 플러그에는 내마모성과 내침식성이 우수한 전극 소재가 필요합니다. 일반적으로 사용되는 전극 소재로는 W-Cu 70/30 및 W-Cu 80/20 텅스텐 구리 막대가 있습니다. 이러한 전극 소재의 장점은 다음과 같습니다.

고정밀 가공: 텅스텐 구리 막대의 균일한 미세 구조는 가공 정확도를 보장합니다.

절삭 저항성: 고주파 방전 환경에서도 안정적으로 유지됩니다.

우수한 전기 전도성: 방전 과정의 효율성과 안정성을 보장합니다.

적용 사례: 자동차 산업에서 텅스텐 구리 막대는 고성능 점화 플러그 전극을 제조하는 데 사용되고, 정밀 금형 제조에서는 텅스텐 구리 전극은 복잡한 모양의 금속 부품의 전기 스파크 가공에 사용됩니다.

2.2.1.3 반도체 패키징 및 전도성 커넥터

반도체 패키징에서 텅스텐 구리 막대는 전도성 기판 및 커넥터로 사용되어 전기 신호 전달 및 열 관리를 제공합니다. W-Cu 50/50 및 W-Cu 75/25 텅스텐 구리 막대는 높은 전도성과 낮은 열팽창 계수로 인해 널리 사용됩니다. 이러한 막대의 장점은 다음과 같습니다.

열팽창 계수가 낮음: 실리콘 및 세라믹 기판에 적합하며 열 응력을 줄여줍니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

높은 열전도도: 열을 효과적으로 분산시키고 민감한 전자 부품을 보호합니다.

높은 신뢰성: 고온 다습한 환경에서도 안정적인 성능을 유지합니다.

적용 사례: 전력 반도체 소자(MOSFET 및 IGBT 등)에서 텅스텐 구리 막대는 전도성 기관 및 방열판으로 사용되며, 신에너지 자동차 및 산업 자동화 장비에 널리 사용됩니다.

2.2.2 방열 및 열 관리를 위한 텅스텐 구리 막대

텅스텐 구리 막대는 열 관리 분야에서 뛰어난 열전도성과 낮은 열팽창 계수를 가지고 있어 고전력 전자 장치 및 항공 우주 장비의 방열 요구 사항에 적합합니다.

2.2.2.1 마이크로 전자 및 집적 회로 방열판

마이크로전자 및 집적 회로는 과열을 방지하기 위해 효율적인 방열 소재가 필요합니다. W-Cu 75/25 및 W-Cu 80/20 텅스텐 구리 막대는 높은 열전도도와 실리콘 기관과의 열팽창 특성으로 인해 방열판 제조에 널리 사용됩니다. 이러한 막대의 장점은 다음과 같습니다.

m·K 로 높습니다 .

치수 안정성: 열팽창 계수가 낮아 장기 작동 시 구조적 무결성이 보장됩니다.

높은 신뢰성: 고전력 작동 중에도 안정적인 성능을 유지합니다.

적용 사례: 고성능 컴퓨터와 서버의 CPU/GPU 모듈에서 텅스텐 구리 방열판은 열을 발산하고 고부하에서 칩의 안정적인 작동을 보장하는 데 사용됩니다.

2.2.2.2 레이저 및 고출력 소자 방열 기관

고출력 레이저와 RF 장치는 성능 유지를 위해 효율적인 방열판이 필요합니다. W-Cu 70/30 및 W-Cu 75/25 텅스텐 구리 막대는 이상적인 방열판 소재입니다. 이러한 소재의 장점은 다음과 같습니다.

높은 열전도도: 열을 빠르게 방출하여 장치 과열을 방지합니다.

우수한 기계적 특성: 고전력 장치 작동 중 기계적 응력을 견딜 수 있습니다.

표면 평탄도: 정밀 가공 및 표면 코팅에 적합합니다.

적용 사례: 광통신 레이저와 레이더 시스템에서 텅스텐 구리 방열판은 고전력 레이저 다이오드와 RF 증폭기를 지원하는 데 사용됩니다.

2.2.2.3 항공우주 냉각 구성 요소

항공우주 장비는 극한 환경에서 효율적인 방열이 필요합니다. W-Cu 80/20 및 W-Cu 85/15 텅스텐 구리 막대는 높은 강도와 높은 내열성을 갖춰 방열 부품에 사용됩니다. 이러한 막대의 장점은 다음과 같습니다.

고온 내구성: 고온 환경에서도 성능을 유지하는 능력.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

높은 밀도: 충분한 기계적 강도와 질량 균형을 제공합니다.
열충격 저항성: 급격한 온도 변화에도 안정성을 유지합니다.

적용 사례: 위성 열 관리 시스템 및 항공기 엔진에서 텅스텐 구리 방열 부품은 고온 공기 흐름과 전자 장치의 열 부하를 관리하는 데 사용됩니다.

2.2.3 군사 및 항공우주 응용 분야를 위한 텅스텐 구리 막대

텅스텐 구리 막대는 높은 밀도, 높은 강도, 높은 온도 내구성 덕분에 군사 및 항공우주 분야에 널리 사용되며, 고성능 무기 및 항공우주 구성 요소를 제조하는 데 적합합니다.

2.2.3.1 전자기총 및 보호장갑 재료

전자기총과 방호복에는 높은 밀도와 내마모성을 갖춘 소재가 필요합니다. W-Cu 90/10 텅스텐 구리 막대는 높은 강도와 밀도 덕분에 가이드 레일과 방호복 부품 제조에 사용됩니다. 이 막대의 장점은 다음과 같습니다.

높은 밀도: 충분한 운동 에너지와 품질 안정성을 제공합니다.

내마모성: 고속 마찰 및 충격에도 성능을 유지합니다.

고온 내구성: 전자기총 발사 시 순간적으로 발생하는 고온을 견딥니다.

적용 사례: 전자기총 시스템에서는 텅스텐 구리 레일을 사용하여 고속 발사체의 마찰과 아크 충격을 견뎌냅니다. 장갑재에서는 텅스텐 구리 막대를 사용하여 보호 성능을 강화합니다.

2.2.3.2 고에너지 무기용 전극 및 구성품

레이저나 플라스마 무기와 같은 고에너지 무기는 고온 및 삭마에 강한 전극 소재가 필요합니다. W-Cu 80/20 및 W-Cu 85/15 텅스텐 구리 막대는 다음과 같은 장점을 제공하는 이상적인 선택입니다.

절삭 저항성: 고에너지 방전 시 구조적 무결성을 유지합니다.

높은 전도성: 전기 에너지의 효율적인 전송을 보장합니다.

긴 수명: 교체 빈도를 줄이고 무기의 안정성을 향상시킵니다.

적용 사례: 고에너지 레이저 무기에서는 텅스텐 구리 전극이 고출력 방전을 지원하는 데 사용되고, 플라스마 무기에서는 텅스텐 구리 구성 요소가 고온 플라스마 충격을 견디는 데 사용됩니다.

2.2.3.3 로켓 노즐 및 추진 시스템 구성 요소

고압 환경에서 작동해야 합니다. W-Cu 85/15 및 W-Cu 90/10 텅스텐 구리 막대는 고온 내성과 높은 강도 덕분에 노즐 스포트 라이너와 추진 시스템 구성품을 제조하는 데 사용됩니다. 이 제품의 장점은 다음과 같습니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

매우 높은 온도 저항성: 로켓 연소실의 고온 (>3000 °C) 을 견딥니다 .

열충격 저항성: 급격한 온도 변화에도 안정성을 유지합니다.

고밀도: 구조적 강도와 질량 균형을 제공합니다.

적용 사례: 고체 로켓 엔진과 액체 로켓 추진 시스템에서 텅스텐 구리 막대는 노즐 스포트 라이너와 고온 가이드 구성품을 제조하는 데 사용됩니다.

2.2.4 기계 및 금형 산업용 텅스텐 구리 막대

텅스텐 구리 막대는 높은 경도, 내마모성, 뛰어난 열전도도, 그리고 절삭 저항성으로 인해 기계 및 금형 산업에서 사용되며, 고정밀 가공 공구 및 금형 제작에 이상적인 소재입니다. 특히 방전 가공(EDM) 및 스탬핑 다이와 같은 분야에서 텅스텐 구리 막대는 가공 효율과 금형 수명을 크게 향상시키는 독보적인 장점을 가지고 있습니다.

2.2.4.1 방전 가공(EDM)용 전극

방전 가공(EDM)은 전기 스파크 방전을 통해 재료를 제거하는 정밀 가공 기술입니다. 금형 제작, 항공우주 부품 가공, 복잡한 형상의 금속 가공에 널리 사용됩니다. EDM 전극은 가공 정확도와 전극 수명을 보장하기 위해 높은 내마모성, 삭마 저항성, 그리고 우수한 전기 전도성을 가진 소재가 필요합니다. W-Cu 70/30 및 W-Cu 80/20 텅스텐 구리 막대가 EDM 전극에 적합한 소재입니다. 주요 장점은 다음과 같습니다.

높은 내마모성: 텅스텐의 높은 경도 덕분에 전극은 고주파 방전 시 마모에 강하고 수명을 연장할 수 있습니다.

우수한 내마모성: 전기 스파크 방전으로 인해 발생하는 순간적인 고온 (최대 6000 °C) 에서도 텅스텐 구리 막대는 구조적 무결성을 유지하고 전극 손실을 줄일 수 있습니다.

우수한 전도성: 구리를 추가하면 전극의 전도성이 충분해집니다(전도도는 순수 구리의 약 20~40%). 이는 효율적인 방전 가공을 지원합니다.

높은 가공 정밀도: 텅스텐 구리 막대의 균일한 미세 구조와 낮은 열팽창 계수는 가공 중 전극이 치수 안정성을 유지하도록 보장하여 고정밀 가공을 달성하는 데 도움이 됩니다.

가공이 용이합니다. 순수 텅스텐과 비교하여 텅스텐 구리 막대는 가공성이 더 뛰어나 복잡한 모양의 전극을 준비하는 데 편리합니다.

적용 사례: 정밀 금형 제조에서 W-Cu 70/30 텅스텐 구리 막대는 자동차 부품 금형 및 전자 기기 하우징 금형과 같은 복잡한 강철 금형 가공에 널리 사용됩니다. 항공우주 분야에서는 텅스텐 구리 전극을 사용하여 티타늄 합금 및 고온 합금 부품을 가공하여 높은 정밀도와 표면 품질을 보장합니다. 또한, 미세 부품 가공에서 텅스텐 구리 전극은 마이크론 수준의 가공 정확도를 달성하여 MEMS(미세 전기 기계 시스템) 및 정밀 기기의 제조 요건을 충족합니다.

제조 특성: 방전가공용 텅스텐-구리 전극은 일반적으로 분말 야금법을 사용하여 생산되는데, 고순도 텅스텐과 구리 분말을 혼합한 후 성형 및 소결합니다. 전극

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

밀도와 성능 균일성을 향상시키기 위해 일부 공정에는 구리 함침 또는 열간 등방압 성형(HIP)이 사용됩니다. 전극 표면은 일반적으로 고정밀 가공 요건을 충족하기 위해 연삭 또는 연마와 같은 정밀 가공이 필요합니다.

개발 동향: 방전 가공 기술이 미세 가공 및 나노 가공으로 발전함에 따라 텅스텐-구리 전극 제조 공정은 지속적으로 최적화되고 있습니다. 예를 들어, 나노 크기의 텅스텐 및 구리 분말을 사용하면 전극의 미세 구조 균일성을 더욱 향상시키고 방전 중 발생하는 미세 결함을 줄일 수 있습니다. 또한, 니켈 도금이나 금 도금과 같은 표면 개질 기술을 사용하여 전극의 내산화성과 전기 전도도를 향상시켜 수명을 더욱 연장하고 있습니다.

2.2.4.2 스탬핑 다이 및 내마모성 부품

스탬핑 다이 및 내마모성 부품 제조 시, 텅스텐 구리 막대는 높은 경도, 내마모성, 그리고 뛰어난 열전도성을 갖춰 널리 사용됩니다. 스탬핑 다이 및 내마모성 부품은 고하중, 잦은 충격, 그리고 고온 환경에서 작동해야 하는 경우가 많습니다. 텅스텐 구리 막대는 이러한 엄격한 요건을 효과적으로 충족할 수 있습니다. W-Cu 75/25 및 W-Cu 80/20 텅스텐 구리 막대가 이 분야에서 널리 사용됩니다. 주요 장점은 다음과 같습니다.

높은 경도와 내마모성: 텅스텐의 높은 경도(순수 텅스텐의 모스 경도 수준 9에 가까움) 덕분에 텅스텐 구리 막대는 스탬핑 공정 중 기계적 마모에 저항하고 금형의 수명을 연장할 수 있습니다.

뛰어난 열전도도: 구리를 첨가하면 텅스텐 구리 막대의 열전도도가 높아집니다(약 $150 \sim 200 \text{ W/m} \cdot \text{K}$). 이로 인해 열을 빠르게 방출하고 과열로 인한 금형 변형이나 파손을 방지할 수 있습니다.

낮은 열팽창 계수: 텅스텐의 낮은 열팽창 특성(약 $4.5 \sim 5.5 \times 10^{-6} / \text{K}$)은 고온에서 금형의 치수 안정성을 보장하며 고정밀 스탬핑에 적합합니다.

피로 저항성: 텅스텐 구리 막대는 잦은 충격에도 구조적 무결성을 유지하여 균열 및 피로 파괴 위험을 줄입니다.

적용 사례: 자동차 산업에서 텅스텐 구리 막대는 차체 패널, 엔진 부품, 변속기 부품 생산용 스탬핑 다이 제작에 사용됩니다. 알루미늄 및 마그네슘 합금용 다이캐스팅 다이에서 텅스텐 구리 막대는 고온 용융 금속의 충격과 부식을 견딜 수 있는 코어 로드 및 노즐 역할을 합니다. 또한, 정밀 하드웨어 및 전자 커넥터의 스탬핑 생산에서도 텅스텐 구리 다이는 높은 내마모성과 긴 수명으로 선호됩니다.

제조 특성: 스탬핑 다이용 텅스텐 구리 막대는 일반적으로 높은 재료 밀도와 균일한 성능을 보장하기 위해 분말 야금과 구리 함침 공정을 결합하여 생산됩니다. 금형의 복잡한 형상 요건을 충족하기 위해 일부 공정에서는 CNC 가공 또는 레이저 절단 기술을 사용하여 텅스텐 구리 막대를 미세 조정합니다. 또한, 표면 경화 처리(침탄 또는 질화)를 통해 금형의 내마모성과 내부식성을 더욱 향상시킬 수 있습니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

개발 동향: 앞으로 스탬핑 다이용 텅스텐 구리 막대는 더욱 높은 성능과 더욱 복잡한 형상으로 발전할 것입니다. 예를 들어, 적층 제조(3D 프린팅) 기술을 적용하면 텅스텐 구리 다이에 복잡한 내부 냉각 채널을 설계하여 방열 효율을 향상시킬 수 있습니다. 또한, 니켈이나 희토류 원소와 같은 미량 원소를 도핑하면 텅스텐 구리 막대의 피로 및 내마모성을 더욱 최적화하여 고강도 스탬핑 요건을 충족할 수 있습니다.

2.2.5 의료 및 과학 연구용 텅스텐 구리 막대

텅스텐 구리 막대는 높은 밀도, 고온 저항성, 그리고 생체 적합성으로 인해 의학 및 과학 연구에 사용됩니다. 특히 의료용 전극, 특수 프로브, 그리고 고에너지 물리 실험용 부품 제조에 적합합니다. W-Cu 80/20 및 W-Cu 85/15 텅스텐 구리 막대는 이 분야에서 일반적으로 사용되며, 높은 정밀도와 극한 환경의 요구를 충족합니다.

2.2.5.1 의료용 전극 및 특수 프로브

의료 분야에서는 텅스텐 구리 막대를 사용하여 고정밀 전극과 프로브를 제작하는데, 이는 신경 자극, 고주파 절제술, 최소 침습 수술 기기 등에 널리 사용됩니다. 이러한 응용 분야에는 높은 전도성, 내식성, 그리고 생체 적합성을 갖춘 소재가 필요합니다. W-Cu 70/30 및 W-Cu 80/20 텅스텐 구리 막대는 뛰어난 성능으로 널리 사용됩니다. 주요 장점은 다음과 같습니다.

높은 전도성: 전기 신호의 정확한 전송을 보장하며, 신경 자극 및 전기 생리학적 모니터링에 적합합니다.

부식 저항성: 생리적 환경(혈액이나 조직액 등)에서 안정성을 유지하며 재료 분해를 줄입니다.

높은 경도와 내마모성: 고정밀 작업에서 프로브의 장기간 사용을 지원합니다.

생체적합성: 적절한 표면 처리(금도금이나 은도금 등)를 거친 후, 텅스텐 구리 막대는 의료기기의 생체적합성 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

응용 사례: 신경자극 장치에서 텅스텐-구리 전극은 파킨슨병과 간질을 치료하는 뇌심부 자극(DBS)에 사용되어 전기 펄스를 정밀하게 전달합니다. 고주파 절제술에서 텅스텐-구리 프로브는 고온 및 고주파 전기장에서 안정성을 유지하며 심장 병변이나 종양을 치료하는 데 사용됩니다. 또한, 최소 침습 수술에서 텅스텐-구리 막대는 내시경 검사 및 조직 채취를 위한 소형 프로브로 가공됩니다.

제조 특성: 의료용 텅스텐 구리 막대는 일반적으로 고밀도 및 비다공성 구조를 보장하기 위해 분말 야금 및 열간 등방성 성형을 통해 고순도 텅스텐 및 구리 분말을 사용하여 생산됩니다. 표면 처리(예: 전기 도금 또는 화학적 부동태화)는 재료의 생체 적합성과 내식성을 향상시키는 핵심 단계입니다. 또한, 마이크로 나노 가공 기술을 사용하여 고정밀 의료 기기의 요구 사항을 충족하는 미세 전극 및 프로브를 제조합니다.

개발 동향: 최소 침습 의료 기술의 발전으로 텅스텐-구리 전극과 프로브는 더 작은

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

크기와 더 높은 정밀도를 지향하게 될 것입니다. 예를 들어, 나노스케일 텅스텐-구리 복합재의 개발은 전극의 전도도와 기계적 특성을 더욱 향상시킬 수 있습니다. 더 나아가, 스마트 소재 기술과 결합하면 미래의 텅스텐-구리 프로브는 생리 신호를 실시간으로 모니터링하는 센서 기능을 통합할 수 있을 것입니다.

2.2.5.2 고에너지 물리학 실험 및 핵 산업 응용

텅스텐 구리 막대는 높은 밀도, 고온 저항성, 그리고 방사선 저항성으로 인해 고에너지 물리 실험 및 원자력 산업에서 널리 사용됩니다. W-Cu 85/15 및 W-Cu 90/10 텅스텐 구리 막대는 이 분야에서 선호되는 소재로, 극한 환경에서 발생하는 고온, 고압 및 입자 충격을 견딜 수 있습니다. 주요 장점은 다음과 같습니다.

높은 밀도: 텅스텐의 높은 밀도(약 19.25 g/cm^3)로 인해 텅스텐 구리 막대는 고에너지 방사선을 효과적으로 차폐할 수 있어 원자로 및 입자 가속기 구성품으로 사용하기에 적합합니다.

고온 내구성: 핵융합이나 고에너지 입자 충돌로 인해 발생하는 매우 높은 온도($>3000 \text{ }^\circ\text{C}$)에서도 안정적인 성능을 유지합니다.

방사선 저항성: 텅스텐 구리 막대는 중성자 조사 및 감마선으로 인한 손상을 견뎌내어 구성 요소의 수명을 연장합니다.

뛰어난 열전도성: 열을 빠르게 방출하여 고온으로 인해 부품이 고장나는 것을 방지합니다.

적용 사례: 국제열핵융합실험로(ITER) 프로젝트에서 W-Cu 85/15 텅스텐 구리 막대는 높은 열 부하와 플라즈마 충격을 견딜 수 있는 다이버터 히트 싱크로 사용됩니다. CERN의 대형 강입자 충돌기(LHC)와 같은 입자 가속기에서는 텅스텐 구리 막대가 표적 및 방사선 차폐 부품을 제작하는 데 사용되어 고에너지 입자로부터 장비를 보호합니다. 또한, 원자력 산업에서는 텅스텐 구리 막대가 고온 열전도체 및 방사선 차폐재로 사용되어 원자로의 안전성과 효율을 향상시킵니다.

제조 특성: 원자력 산업용 텅스텐 구리 막대 생산에는 매우 높은 재료 순도와 밀도가 요구됩니다. 일반적으로 열간 등방성 가압 또는 플라즈마 소결 기술을 사용하여 재료 내부의 미세 기공과 결함을 제거합니다. 내방사선성을 향상시키기 위해 일부 공정에서는 란타나나 세륨과 같은 희토류 원소를 도핑하여 재료의 미세 구조를 최적화합니다. 또한, 물리브덴이나 세라믹 코팅과 같은 표면 코팅을 사용하여 재료의 내식성과 고온 내성을 향상시킵니다.

개발 동향: 향후 원자력 산업용 텅스텐 구리 막대는 더욱 높은 성능과 더욱 복잡한 구조로 발전할 것입니다. 예를 들어, 적층 제조 기술을 적용하면 복잡한 형상의 방열판 및 차폐 부품에 텅스텐 구리 막대를 제작할 수 있어 차세대 핵융합로의 요구를 충족할 수 있습니다. 또한, 새로운 도핑 및 표면 개질 기술은 텅스텐 구리 막대의 내방사선성과 고온 내성을 더욱 향상시켜 고에너지 물리 실험 및 원자력 산업 분야에서의 응용을 촉진할 것입니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명



제3장 텅스텐 구리 막대의 제조 및 생산 기술

텅스텐 구리 막대는 텅스텐의 고강도 및 고온 저항성과 구리의 뛰어난 전기 및 열 전도성을 결합한 복합 소재로, 전자 기기, 전기 접점, 열 관리 부품, 항공우주 분야에서 대체 불가능한 역할을 수행합니다. 텅스텐 구리 막대의 제조 공정은 전통적인 분말 야금 기술과 현대 기술의 혁신적인 발전을 융합한 재료 과학의 섬세한 여정입니다. 꼼꼼한 원자재 선정부터 최종 제품의 정밀 가공까지, 각 단계는 재료의 균일성, 밀도, 그리고 안정적인 성능을 보장하기 위한 세심한 설계를 요구합니다. 핵심은 다공성 텅스텐 골격을 형성하고 용융 구리에 정밀하게 침투시켜 두 상(phase)의 완벽한 복합재를 만드는 것입니다. 기존 공정은 프레스, 소결, 진공 침투에 의존하는 반면, 신기술은 나노소재, 적층 제조, 지능형 제어를 통합하여 더욱 높은 성능 요구를 충족합니다. 이 장에서는 원자재 준비부터 새로운 공정 개발까지 모든 단계를 자세히 설명합니다. 프로세스 원칙, 운영 세부 사항, 과제 및 최적화 전략에 초점을 맞추고, 기술 데이터를 과도하게 사용하는 것을 피하고 대신 생생한 언어를 사용하여 준비 프로세스의 복잡성과 매력을 보여줍니다.

3.1 원료 준비

원자재 준비는 정교한 교향곡의 악기를 준비하는 것처럼 텅스텐 구리 막대 생산의 시작점입니다. 주요 원자재인 텅스텐 분말과 전해 구리는 엄격한 선별 및 가공 과정을 거쳐 후속 공정에서 완벽하게 결합되어 고성능 복합 소재를 형성합니다. 순도, 입자 크기, 형태 제어는 성형 및 소결 결과에 영향을 미칠 뿐만 아니라 최종 제품의 열적, 전기적, 기계적 특성을 결정합니다.

3.1.1 텅스텐 분말의 제조 및 품질 요구 사항

텅스텐 분말 제조는 단단한 텅스텐 광석을 미세하고 예술적인 재료로 변형하는 것과

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

같습니다. 일반적으로 수소 환원이 사용되며, 이는 성숙한 산업 기술입니다. 텅스텐 광석(예: 철망간석이나 회중석)을 화학적으로 정제하여 텅스텐산염을 생성한 후, 이를 배소하여 삼산화텅스텐을 형성합니다. 이후 환원 공정은 고온 용광로에서 진행되며, 마치 장인이 인내심을 가지고 작업하듯이 수소가 산화물을 서서히 제거하여 순수한 텅스텐 분말을 생성합니다. 전기 분해나 기계적 합금화와 같은 다른 방법은 더 미세한 입자를 생성할 수 있지만, 비용이 더 많이 들고 특수 용도에 적합합니다.

텅스텐 분말의 품질 요건은 매우 까다롭습니다. 불순물을 최소화하기 위한 매우 높은 순도, 패키징 및 접합을 용이하게 하기 위한 균일한 입자 형태, 그리고 고온에서 원치 않는 산화물 형성을 방지하기 위한 엄격한 산소 함량 제어가 요구됩니다. 고품질 텅스텐 분말은 엄선된 시드(seed) 역할을 하여 후속 공정의 기반을 마련합니다. 미량 활성제를 첨가하면 소결 중 분말의 용융을 향상시킬 수 있지만, 재료의 열전도도를 저하시키지 않도록 주의해야 합니다. 텅스텐 분말은 습기와 산소로 인해 활성이 저하되지 않도록 건조하고 밀폐된 환경에 보관해야 합니다.

3.1.2 전해구리의 제조 및 특성

전해 구리 생산은 전기화학적 정제 과정입니다. 조구리는 전해질에서 분해되고, 전기장에 의해 유도되는 구리 이온은 음극에 증착되어 순수 구리 포일 또는 분말을 형성합니다. 이 공정은 금 정제와 마찬가지로 불순물을 제거하고 구리가 업계 최고의 품질 기준을 충족하도록 정밀한 제어가 필요합니다.

뛰어난 전기 및 열 전도성을 가진 전해 구리는 텅스텐 구리 막대의 "윤회제" 역할을 합니다. 낮은 용융점은 침투 과정에서 쉽게 흐르게 하여 텅스텐 골격의 기공을 채우고, 뛰어난 가소성은 복합 재료의 인성을 보장합니다. 구리는 다양한 공정 요건에 따라 미세 분말부터 고체 블록까지 다양한 형태로 제공됩니다. 텅스텐 구리 막대 내에서 구리는 전류와 열을 전도할 뿐만 아니라 텅스텐 입자들을 연결하여 견고한 네트워크를 형성합니다. 그러나 구리는 산소에 민감하므로 성능에 영향을 줄 수 있는 산화를 방지하기 위해 보관 및 취급 시 세심한 주의가 필요합니다.

3.1.3 텅스텐 분말 크기, 형태 및 순도가 공정에 미치는 영향

텅스텐 분말의 입자 크기와 모양은 조각가의 도구처럼 작용하여 재료의 구조를 직접적으로 형성합니다. 미세 입자는 더욱 단단하게 결합되어 골격의 강도를 높이지만, 기공을 조기에 닫아 구리 침투를 방해할 수 있습니다. 입자가 클수록 열린 기공 네트워크가 형성되지만, 융합에 더 많은 에너지가 필요합니다. 적절한 입자 크기를 선택하는 것은 그림의 색상을 혼합하는 것과 같습니다. 강도와 투과성 사이의 균형을 찾는 것입니다.

입자 형태 또한 중요합니다. 거의 구형에 가까운 분말은 더 조밀하게 충전되어 균일한 구조를 형성합니다. 불규칙한 입자는 접촉점을 증가시켜 기계적 특성을 향상시킬 수 있지만, 국부적인 결함을 유발할 가능성도 있습니다. 순도는 재료의 핵심으로, 계면 안정성과 성능 신뢰성을 결정합니다. 고순도 분말은 원치 않는 화학

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

반응을 최소화하여 원활한 복합재 공정을 보장합니다. 저순도 분말은 취성을 유발하고 내구성을 저하시킬 수 있습니다. 신중한 선별 및 가공을 통해 이러한 요소들을 최적화하여 후속 공정을 위한 토대를 마련할 수 있습니다.

3.2 텅스텐 기반 프리폼의 성형 공정

텅스텐 프리폼을 형성하는 것은 제조 공정의 "기초 구축" 단계입니다. 목표는 구리 침투에 이상적인 통로를 제공하는 다공성 텅스텐 골격을 만드는 것입니다. 이 공정은 고체 텅스텐 분말로 미세한 도시를 조각하는 것처럼, 가압과 소결 기술을 결합합니다. 기공률과 강도는 지나치게 조밀하거나 느슨한 구조를 피하기 위해 세심한 균형을 필요로 합니다.

3.2.1 프레싱(단축 프레싱, 등방 프레싱)

단축 압축은 주형을 사용하여 모래를 압축하여 벽돌을 만드는 것과 유사한 간단하고 직관적인 공정입니다. 텅스텐 분말을 강철 주형에 넣고 단축력을 가하여 예비 형상으로 압축합니다. 점토에 접착제를 첨가하는 것처럼 소량의 결합제를 첨가하면 분말의 형성에 도움이 됩니다. 이 방법은 비용이 저렴하고 소규모 생산에 적합하지만, 중심부가 헐거워지고 가장자리가 뻣뻣해지는 등 밀도가 불균일해질 수 있습니다.

등방성 가압은 분말을 완전히 감싸는 것과 같이 액체 또는 기체 매체를 통해 균일한 압력을 가하는 방식입니다. 냉간 등방성 가압이든 고온과 결합된 열간 등방성 가압이든, 프리폼의 균일성을 크게 향상시키며 특히 크거나 복잡한 텅스텐 구리 막대에 적합합니다. 가압 후, 그린 바디를 조심스럽게 건조하여 바인더를 제거하고 후속 소결을 준비해야 합니다.

3.2.2 소결 밀도화(진공 또는 수소 분위기)

소결 공정은 마치 느슨한 입자들을 단단한 틀에 용접하는 것과 같습니다. 프레스된 성형체를 고온로에 넣고 진공 또는 수소 하에서 가열합니다. 진공은 무균실 역할을 하여 산화를 방지하고 가스 배출을 용이하게 합니다. 수소는 세정제 역할을 하여 표면 산화물을 감소시키고 입자 결합을 강화합니다.

이 과정에서 입자들은 확산과 넥 성장(neck growth)을 통해 점차 연결되어 그린 바디(green body)가 수축하고 밀도가 높아집니다. 미량의 활성제를 첨가하면 필요한 온도를 낮출 수 있지만, 재료의 순도가 손상되지 않도록 주의해야 합니다. 소결은 느린 화학적 과정으로, 충분한 기공률을 유지하면서도 튼튼한 골격을 형성하기 위해 온도와 시간의 정확한 균형을 유지해야 합니다.

3.2.3 프리폼의 기공률 및 연결성 제어

기공률과 연결성은 프리폼의 "호흡 시스템"으로, 용융 구리의 침투에 직접적인 영향을 미칩니다. 기공률이 너무 높으면 프레임이 약해지고, 너무 낮으면 침투가 방해될 수 있습니다. 이는 분말 비율과 공정 조건을 통한 세심한 제어가 필요합니다. 임시 기공 형성제를 첨가하는 것은 토양에 용해성 입자를 매립한 후 소결 후 제거하여 통로를 만드는 것과 같습니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

CTIA GROUP LTD

Tungsten Copper Rod Introduction

1. Overview of Tungsten Copper Rod

Tungsten copper rod is composite materials produced by infiltrating high-purity tungsten powder with copper through a vacuum infiltration process. It possesses a unique microstructure that combines the high strength and high melting point of tungsten with the excellent electrical and thermal conductivity of copper. This results in a high-performance material with outstanding thermal stability, wear resistance, and electrical conductivity.

2. Characteristics of Tungsten Copper Rod

High Thermal Conductivity: The excellent thermal conductivity of copper ensures rapid heat dissipation, making it suitable for high-power devices and laser systems.

High Strength and High-Temperature Resistance: The stable mechanical properties of tungsten allow the material to remain reliable under extreme high-temperature conditions.

Resistance to Arc Erosion: The tungsten-copper composite structure provides exceptional resistance to arc erosion in electrical applications, significantly extending electrode service life.

Low Thermal Expansion Coefficient: Effectively reduces thermal stress and improves structural stability.

Excellent Machinability: Can be precisely fabricated into electrodes, heat sinks, or complex parts to meet diversified application requirements.

3. Performance Parameters of Tungsten Copper Rod

Product Name	Chemical Composition (%)		Physical and Mechanical Properties			
	Impurities ≤	W	Density (g/cm³)	Hardness (HB)	Resistivity (mΩ • cm)	Tensile Strength (MPa)
W50Cu	0.5	Balance	11.85	115	3.2	—
W60Cu	0.5	Balance	12.75	140	3.7	—
W70Cu	0.5	Balance	13.8	175	4.1	790
W80Cu	0.5	Balance	15.15	220	5	980
W90Cu	0.5	Balance	16.75	260	6.5	1160

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: tungsten-copper.com

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

기공의 연결성을 점검하는 것은 마치 도시의 교통망을 검사하여 막다른 길이 없는지 확인하는 것과 같습니다. 최적화된 프리폼은 균일한 기공 분포를 가지므로, 충분한 기계적 강도를 유지하면서 용융물 침투를 위한 원활한 경로를 제공합니다.

3.3 진공 침투 공정

진공 침투는 텅스텐-구리 막대 제조의 핵심 단계입니다. 이는 텅스텐 골격의 미세한 혈관에 액체 구리를 주입하여 고밀도 복합 재료를 형성하는 것과 같습니다. 이 공정은 기술적 도전일 뿐만 아니라 물리와 화학의 교향곡이기도 합니다. 진공 상태에서 용융 구리는 모세관 현상을 통해 텅스텐 골격의 기공을 침투하여 모든 틈을 채우고 궁극적으로 균일한 복합 구조를 형성합니다. 성공의 핵심은 온도, 진공 수준, 침투 역학을 제어하는 동시에 구리 휘발, 계면 결함, 불균일한 분포를 방지하는 것입니다. 다음에서는 이 공정의 복잡성과 정교함에 대해 원리, 장비 및 특정 작업을 통해 자세히 설명합니다.

3.3.1 진공 침투의 기본 원리

진공 침투의 핵심은 모세관 현상과 진공을 이용하여 용융 구리가 텅스텐 골격의 기공 네트워크로 자연스럽게 흐르도록 하는 것입니다. 물방울이 스펀지에 흡수되는 것을 상상해 보세요. 용융 구리는 고온에서 흐르는 액체가 되고, 진공의 음압 덕분에 미세한 기공 채널을 통해 텅스텐 구조에 침투합니다. 텅스텐과 구리는 화학적으로 반응하지 않고 물리적인 젖음(wetting)을 통해 결합합니다. 젖음 각도의 크기는 구리의 자발적인 흐름 여부를 결정하며, 진공 환경은 가스 저항을 제거하여 구리가 모든 구석을 더 부드럽게 채울 수 있도록 합니다.

이 공정은 텅스텐 골격에 생명력을 불어넣습니다. 구리는 기공을 채울 뿐만 아니라 냉각 시 전도성 및 열전도성 네트워크를 형성하여 텅스텐 골격과 견고하고 효율적인 복합재를 형성합니다. 핵심은 과도한 온도로 인한 구리 휘발이나 불균일한 기공률로 인한 불완전한 침투를 방지하면서 양호한 습윤성을 유지하는 것입니다.

3.3.2 침투로 구조 및 작동 원리

침투로는 진공 침투의 "심장"이며, 그 설계는 정밀 수술실만큼이나 정교합니다. 로 본체는 진공 챔버, 가열 시스템, 진공 펌프, 그리고 냉각 시스템으로 구성됩니다. 진공 챔버는 일반적으로 스테인리스강이나 석영과 같은 고온 내성 재료로 제작되며, 내부에는 텅스텐 프리폼과 구리 블록을 담기 위한 흑연 도가니가 배치됩니다. 가열 시스템은 저항 가열 또는 유도 가열 방식을 사용할 수 있으며, 정밀한 요리사처럼 구리의 녹는점 이상으로 온도를 조절합니다. 진공 펌프는 환풍기 역할을 하여 공기를 배출하여 고진공 환경을 조성하고 가스 간섭을 줄입니다. 냉각 시스템은 침투가 완료된 후 온도를 점진적으로 낮춰 열 응력으로 인한 균열을 방지합니다.

작동 중, 텅스텐 프리폼을 도가니에 넣고 그 위나 옆에 구리 블록을 놓습니다. 먼저 용광로를 진공 상태로 만들어 공기와 수분을 제거한 후, 온도를 천천히 올려 구리를 녹입니다. 모세관 현상과 도가니 내부의 진공 덕분에 용융된 구리가 프리폼에 침투하여 기공을 채운 후 냉각 및 응고됩니다. 전체 공정은 미세 주입 성형 공정과

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

유사하며, 모든 단계의 정밀하고 정확한 실행이 요구됩니다.

3.3.3 구리 침투 온도, 진공도 및 침투 동역학

구리 침투 온도는 구리의 녹는점보다 높아야 하지만, 텅스텐 틀에서 구리의 증발이나 원치 않는 입자 성장을 방지하기에는 너무 높아서는 안 됩니다. 적절한 온도를 선택하는 것은 요리할 때 불을 조절하는 것과 같습니다. 즉, 꼭 맞아야 합니다. 진공도는 침투 과정의 순조로움을 결정합니다. 고진공 환경은 마치 깨끗한 활주로와 같아 구리 액체가 방해받지 않고 흐를 수 있지만, 진공이 부족하면 잔류 가스가 기포를 형성하여 재료의 밀도에 영향을 미칩니다.

침투 역학은 이 공정의 핵심입니다. 구리 용액의 유속은 기공 크기, 습윤성, 그리고 구리 용액의 점도에 대한 온도의 영향에 따라 달라집니다. 기공이 작을수록 모세관력은 커지지만 유동 저항이 증가할 수 있습니다. 기공이 클수록 그 반대의 효과가 나타납니다. 이러한 요소들을 최적화하려면 빠르고 균일한 침투를 위한 온도, 진공, 시간의 이상적인 조합을 찾기 위한 실험과 시뮬레이션이 필요합니다.

3.3.4 침투 중 계면 반응 및 미세 구조 진화

용침 공정 동안 용융 구리와 텅스텐 입자 사이의 계면은 두 무용수의 접촉면과 같아 조화로운 움직임이 필요합니다. 텅스텐과 구리는 서로 섞이지 않으므로, 계면에서 화학 반응이 아닌 물리적 습윤(wetting) 현상이 발생합니다. 용융 구리가 텅스텐 입자와 접촉하면 얇은 확산 영역이 형성되어 두 입자 사이의 결합이 강화됩니다. 크롬이나 지르코늄과 같은 원소를 소량 첨가하면 습윤성을 개선하고 계면의 기공이나 미세균열을 줄일 수 있습니다.

미세 구조는 다공성 텅스텐 골격에서 고밀도 구리로 채워진 복합체로 진화합니다. 구리 액체는 먼저 큰 기공을 관통한 후, 점차 작은 통로를 채워 궁극적으로 3차원 네트워크를 형성합니다. 이 과정은 마치 도시가 빈 틀에서 거리와 건물로 점차 채워지는 것과 같습니다. 냉각되면 구리 상이 응고되어 텅스텐 골격과 응집력 있는 전체를 형성합니다. 미세 관찰 결과, 눈에 띄는 균열이나 채워지지 않은 부분이 없는 이상적인 미세 구조가 나타나며, 구리 상은 고르게 분포되어 재료의 성능을 향상시킵니다.

3.3.5 침투 균일성 및 품질 관리

균일성은 용침 공정의 궁극적인 목표입니다. 국부적인 불완전 용침이나 구리 풀링은 재료의 성능을 약화시킵니다. 균일성은 텅스텐 골격의 기공률 균일성과 용침 조건의 안정성에 달려 있습니다. 프리폼의 기공률은 구리 용액을 막는 지나치게 조밀한 영역이나 강도 부족을 초래하는 지나치게 다공성인 영역을 피하기 위해 과학적이고 합리적으로 설계되어야 합니다.

품질 관리는 완제품에 대한 종합적인 물리적 검사와 같습니다. 밀도 측정은 충전의 완전성을 확인하고, 현미경 검사는 미세 구조의 균일성을 확인하며, 초음파나 X선과 같은 비파괴 검사는 숨겨진 결함을 찾아낼 수 있습니다. 불균일한 용침이 발견되면

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

다단계 용침 또는 온도 프로파일 조정을 통해 수정할 수 있습니다. 궁극적인 목표는 재료에 기포나 균열이 없고 성능이 설계 요건을 충족하는지 확인하는 것입니다.

3.4 후가공 및 가공

후가공 및 기계 가공은 텅스텐 구리 막대를 “거친” 상태에서 “정교하게 가공된” 완제품으로 연마하는 공정입니다. 이러한 단계는 제조 과정에서 발생하는 잔류 문제를 제거할 뿐만 아니라 재료에 정밀한 치수와 최적화된 표면 특성을 부여합니다.

3.4.1 열처리 및 응력 완화

열처리는 재료를 심층적으로 이완시키는 것과 같으며, 침투 및 냉각 과정에서 축적된 내부 응력을 제거합니다. 텅스텐 구리 막대는 수소 또는 진공과 같은 보호 분위기에서 가열되어 온도를 점진적으로 높이고 유지함으로써 결정 구조가 재정렬되고 인성이 향상됩니다. 냉각 과정은 느리게 진행되어 재료가 “호흡”하고 새로운 응력 발생을 방지할 수 있습니다. 이 단계는 재료의 신뢰성과 사용 수명을 크게 향상시킬 수 있습니다.

3.4.2 정밀 가공 및 치수 관리

텅스텐 구리 막대의 최종 형상을 구현하는 데는 정밀 가공이 핵심입니다. 고정밀 선반, 밀링 머신 또는 연삭기와 다이아몬드 공구를 함께 사용하여 소재를 설계된 치수에 맞춰 정밀하게 조각합니다. 가공 공정은 조각가의 작업과 유사하며, 과열이나 표면 손상을 방지하기 위해 절삭 속도와 이송 속도를 제어해야 합니다. 레이저 측정과 3차원 좌표 측정을 통해 치수 정확도가 보장되며, 고정밀 응용 분야의 요구 사항을 충족하는 마이크론 수준의 공차를 보장합니다.

3.4.3 표면 개질 및 코팅 기술

표면 개질은 재료에 보호 코팅을 입히는 것과 같습니다. 연마 또는 화학적 에칭은 거울처럼 매끄러운 표면을 만들어 마찰과 마모를 줄입니다. 코팅 기술은 성능을 더욱 향상시킵니다. 예를 들어, 전기 도금이나 물리 기상 증착(PVD)을 통해 니켈이나 금 층을 입히면 내식성과 전기 전도성이 향상됩니다. 코팅 두께는 재료의 열전도도에 영향을 미치지 않으면서 보호 기능을 제공하도록 신중하게 제어해야 합니다.

3.5 새로운 프로세스 탐색

재료 과학의 발전과 함께 새로운 공정들이 텅스텐 구리 막대 제조에 새로운 활력을 불어넣었습니다. 이러한 기술들은 마치 탐험가와 같이 미래의 복잡한 응용 분야의 요구를 충족하기 위해 더욱 효율적이고 정밀한 제조 경로를 탐색합니다.

3.5.1 나노텅스텐 구리 프리폼 및 초미세 구리 침투 기술

나노 크기의 텅스텐 분말을 사용하면 제조 정밀도가 분자 수준까지 향상됩니다. 특수 공법으로 생산된 초미립 분말은 더 높은 밀도의 프리폼을 제작할 수 있도록 합니다. 초미립 구리 함침 기술은 나노 구리 분말을 사용하여 더 낮은 온도에서 함침을 달성하여 에너지 소비를 줄이는 동시에 재료 균일성을 향상시킵니다. 마치 더 가는 붓으로 재료 구조를 칠하는 것처럼 이러한 접근 방식은 성능을 크게 향상시킵니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

3.5.2 진공 침투와 적층 제조의 조합

적층 제조(3D 프린팅)는 텅스텐 구리 막대 제작에 새로운 가능성을 열었습니다. 레이저 또는 전자빔 프린팅을 통해 텅스텐 골격을 진공 침투와 결합하여 복잡한 형상을 구현할 수 있습니다. 이 방법은 소재를 디지털로 조정하는 방식과 마찬가지로 기존 공정의 한계를 뛰어넘어 맞춤형 생산에 적합합니다.

3.5.3 높은 균일성 및 낮은 다공성 최적화 공정

새롭게 최적화된 공정은 고압 보조 침투, 마이크로파 소결 또는 지능형 제어 기술을 결합하여 최고의 균일성과 낮은 기공률을 달성합니다. 지능형 시스템은 도체 역할을 하며, 공정 매개변수를 실시간으로 조정하여 모든 단계에서 최적의 성능을 보장합니다. 이러한 기술은 텅스텐 구리 막대의 성능을 한 단계 끌어올려 까다로운 응용 분야를 충족합니다.



제4장 텅스텐 구리 막대의 물리적 및 화학적 특성

독특한 복합 소재인 텅스텐 구리 막대는 텅스텐의 높은 내열성 및 내마모성과 구리의 뛰어난 전기 및 열 전도성이 완벽하게 조화를 이루어 물리적, 화학적 특성을 갖습니다. 단단한 암석과 잔잔한 시냇물이 조화롭게 어우러진 자연의 모습을 연상시키는 이 소재는 전자 패키징, 전기 접점, 방열판에서 핵심적인 역할을 할 뿐만 아니라 항공 우주 및 고전압 전기 장비에서도 뛰어난 적응성을 보여줍니다. 이러한 특성들은 단순히 결합되는 것이 아니라, 독창적인 미세 구조 설계를 통해 전체적인 장점을 형성하여 텅스텐 구리 막대가 극한 조건에서도 안정성과 고성능을 유지할 수 있도록 합니다. 이 장에서는 기본적인 물리적 특성부터 시작하여 기계적 특성, 화학적 특성, 미세 구조적 특성에 대해 점진적으로 심층적으로 다룹니다. 상세한 설명과 분석을 통해 이러한 특성의 근본적인 메커니즘, 영향 요인, 그리고 실제 적용 사례를 밝혀내어 독자들이 텅스텐 구리 막대가 현대 산업에서 어떻게 신뢰할 수 있는

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

파트너가 되었는지 완전히 이해할 수 있도록 돕습니다.

4.1 텅스텐 구리 막대의 기본 물리적 특성

텅스텐 구리 막대의 기본적인 물리적 특성은 그 응용 분야의 기반을 형성합니다. 이러한 특성은 재료의 고유한 "물성"과 마찬가지로 온도, 전기장 및 열 환경에서의 성능을 결정합니다. 텅스텐을 첨가하면 안정성과 밀도가 향상되고, 구리는 뛰어난 전도성을 제공합니다. 이 두 가지가 서로 보완되어 균형 잡히고 효율적인 시스템을 형성합니다. 이러한 물리적 특성은 텅스텐 구리 막대를 설계하고 사용할 때 종종 주요 고려 사항으로, 재료의 내구성과 호환성에 직접적인 영향을 미치기 때문입니다.

4.1.1 텅스텐 구리 막대의 밀도 및 비중

텅스텐 구리 막대의 밀도는 가장 기본적이면서도 중요한 물리적 특성 중 하나로, 재료 내부 구성 요소의 조밀성과 무게 분포를 반영합니다. 텅스텐 함량이 증가함에 따라 밀도도 증가하므로, 텅스텐 구리 막대는 정밀 기기의 평형추 부품이나 방사선 차폐재와 같이 높은 질량이 요구되는 응용 분야에 매우 적합합니다. 이러한 밀도 덕분에 재료는 제한된 공간 내에서 더 큰 무게를 지탱할 수 있어 과도한 부피를 필요로 하는 설계 문제를 피할 수 있습니다. 또한 재료의 안정성을 향상시켜 진동이나 고속 운동 시 재료가 움직이지 않도록 합니다. 실제 응용 분야에서 고밀도 텅스텐 구리 막대는 항공의 평형추 시스템에 자주 사용되어 다른 재료 특성을 손상시키지 않으면서 안정적인 관성 균형을 제공합니다. 물에 대한 밀도의 척도인 비중은 이러한 무게감을 더욱 강조하며, 재료 사용량 계산이나 운송 비용 평가 시 특히 유용합니다. 전반적으로 최적화된 밀도와 비중 덕분에 텅스텐 구리 막대는 고성능이 요구되는 무게에 민감한 응용 분야에 이상적인 선택입니다. 텅스텐과 구리의 비율을 조절함으로써 다양한 요구 사항을 충족하도록 유연하게 적용할 수 있으며, 밀도가 너무 높아서 발생하는 가공상의 어려움이나 밀도가 너무 낮아서 발생하는 강도 부족을 피할 수 있습니다.

4.1.2 텅스텐 구리 막대의 용접 및 열 안정성

텅스텐 구리 막대의 녹는점 특성은 텅스텐의 극한 내열성을 그대로 이어받아, 마치 불의 시험을 견뎌내는 요새처럼 고온 환경에서도 그 특성을 유지합니다. 텅스텐의 높은 녹는점은 전체 재료의 내열성의 상한선을 크게 높입니다. 구리의 녹는점에 근접하는 온도에서도 텅스텐 구리 막대는 쉽게 연화되거나 변형되지 않습니다. 이러한 열 안정성은 특히 아크 방전이나 고온 용접 분야에서 두드러지는데, 이러한 경우 과도 열 충격을 견뎌내고 재료의 내부 구조 붕괴를 방지하여 수명을 연장할 수 있습니다. 장기간 고온 노출 시, 텅스텐 구리 막대의 열 안정성은 상당한 결정 변형이나 열 분해 없이 상 구조의 내구성에도 반영됩니다. 따라서 항공기 엔진 부품이나 전자 방열판과 같이 지속적인 고온이 발생하는 분야에 적합합니다. 정교한 복합 공정을 통해 안정성이 더욱 향상되어 텅스텐 구리 막대는 불을 두려워하지 않는 전사처럼 극한의 열 환경에서도 쉽게 작동하여 장비의 정상적인 작동을 보호할 수 있습니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

4.1.3 텅스텐 구리 막대의 열팽창 계수 및 열전도도

열팽창계수(CTE)는 텅스텐 구리 막대의 온도 변동 내성을 결정하는 핵심 요소입니다. 텅스텐의 낮은 팽창률은 재료의 전반적인 성능을 좌우하여 열 사이클링 동안 상대적인 치수 안정성을 유지하여 팽창 차이로 인한 응력 집중 및 균열 발생을 방지합니다. 계절 변화에 따른 브리지의 유연성과 같은 이러한 특성은 세라믹, 유리 또는 반도체 소재와 관련된 응용 분야에 특히 적합합니다. 예를 들어, 마이크로일렉트로닉스 패키징에서 텅스텐 구리 막대는 칩과 완벽하게 결합되어 열 응력으로 인한 고장을 방지합니다. 구리의 뛰어난 열 전달 능력으로 인한 열전도도는 텅스텐 구리 막대가 효율적인 열 파이프처럼 작동하여 열원에서 주변 환경으로 열을 빠르게 방출하여 국부적인 과열을 방지할 수 있도록 합니다. 고출력 레이저 장치나 전력 반도체에서 이러한 열전도도는 안정적인 작동 온도를 보장하고 열 고장 위험을 줄여줍니다. CTE와 열전도도의 시너지 효과는 텅스텐 구리 막대를 열 관리 분야에서 독보적인 존재로 만듭니다. 이러한 소재는 온도 변동을 견딜 뿐만 아니라 열 흐름을 적극적으로 조절하여 효율적인 에너지 전달과 방열 균형을 달성합니다.

4.1.4 텅스텐 구리 막대의 전도도 및 저항률

전기 전도성은 전기 응용 분야에서 텅스텐 구리 막대의 핵심 장점입니다. 구리 상들의 연속적인 네트워크는 효율적인 고속도로처럼 작용하여 전류의 원활한 전도 경로를 제공합니다. 텅스텐을 첨가하면 저항률이 약간 증가하지만, 재료의 아크 저항과 전반적인 안정성이 크게 향상됩니다. 이러한 균형 잡힌 설계 덕분에 텅스텐 구리 막대는 고전압 전기 접점이나 스위치기어에 매우 적합하며, 아크 침식으로 인한 손상을 방지하면서 고전류의 원활한 흐름을 가능하게 합니다. 실제 응용 분야에서 텅스텐 구리 막대의 전기적 특성은 과도한 열 발생이나 신호 저하 없이 고주파 또는 고전력 신호를 처리할 수 있는 전극 재료로 선호됩니다. 텅스텐 함량에 따른 유연한 저항률 변화는 낮은 저항이 필요한 도체의 텅스텐 함량을 줄이거나 내마모성 전기 접점의 수명을 연장하기 위해 텅스텐 함량을 늘리는 등 맞춤형 응용 분야를 가능하게 합니다. 전반적으로 최적화된 전도도와 저항률은 텅스텐 구리 막대를 전기장에 매우 적합하게 만들어 전도 효율과 장기 신뢰성의 균형을 유지합니다.

4.2 텅스텐 구리 막대의 기계적 성질

텅스텐 구리 막대의 기계적 특성은 기계적 응력 환경에서도 신뢰성을 보장합니다. 이러한 특성은 텅스텐의 강성과 구리의 유연성을 결합하여 마치 전사처럼 마모, 충격, 변형을 견딜 수 있는 텅스텐 막대를 만들어냅니다. 이러한 특성 덕분에 이 소재는 동적 적용 분야에서도 빛을 받으며, 정적 하중뿐만 아니라 반복적인 기계적 충격에도 견딜 수 있습니다.

4.2.1 텅스텐 구리 막대의 경도 및 강도

경도는 텅스텐 구리 막대의 기계적 특성을 나타내는 중요한 지표입니다. 텅스텐 입자의 균일한 분포는 견고한 골격 구조처럼 작용하여 외부 압력에 대한 재료의 저항성을 높이고 고압 또는 고마찰 환경에서 굽힘이나 변형을 방지합니다. 이러한 경도는 날카로운 날을 유지하고 공구 수명을 연장하기 때문에 금형 및 절삭 공구에 특히 유용합니다. 강도는 인장, 압축 및 굽힘에 대한 성능으로 나타납니다. 텅스텐을

첨가하면 재료의 인장 강도가 크게 향상되어 텅스텐 구리 막대가 하중 하에서 구조적 무결성을 유지하고 갑작스러운 파손을 방지할 수 있습니다. 건물이나 기계 부품에서 이러한 강도는 지지 보와 기둥과 같은 역할을 하여 안전성과 신뢰성을 보장합니다. 첨단 제조 공정을 통해 이러한 특성을 더욱 향상시켜 텅스텐 구리 막대는 마치 절대 무너지지 않는 요새처럼 더욱 까다로운 산업 환경에도 적응할 수 있습니다.

4.2.2 텅스텐 구리 막대의 연성 및 인성

연성은 구리 상의 유연한 특성에서 비롯되는데, 텅스텐 구리 막대는 응력 하에서 약간의 변형을 받아도 즉시 파손되지 않습니다. 이는 순수 텅스텐의 취성과 극명한 대조를 이루며, 가공 및 성형이 용이합니다. 인장 또는 굽힘 가공 시, 이러한 연성은 재료의 탄성 완충 역할을 하여 에너지를 흡수하고 심각한 파손을 방지합니다. 인성은 재료가 충격 에너지를 흡수하는 능력을 나타냅니다. 진동 또는 충돌 환경에서 텅스텐 구리 막대는 외부 힘을 완충하고 전체적인 무결성을 유지할 수 있습니다. 이러한 특성은 자동차 부품이나 진동 장비에서 핵심적인 역할을 하며, 반복적인 응력 하에서도 재료의 내구성을 유지하고 피로 누적으로 인한 손상을 방지합니다. 텅스텐 구리 계면을 최적화함으로써 연성과 인성을 더욱 향상시켜 텅스텐 구리 막대가 동적 응용 분야에서 우수한 성능을 발휘할 수 있도록 합니다.

4.2.3 텅스텐 구리 막대의 내마모성 및 내충격성

내마모성은 마찰 환경에서 텅스텐 구리 막대의 보호막 역할을 합니다. 다이아몬드와 같은 텅스텐의 경질층은 마모 입자에 의한 침식을 방지하여 재료의 수명을 크게 연장합니다. 고속 기계 또는 심한 마모가 발생하는 환경에서 이러한 내마모성은 매끄럽고 오래 지속되는 표면을 보장하고 성능 저하를 방지합니다. 내충격성은 복합재 구조의 에너지 분산 메커니즘을 통해 달성되는데, 충격력이 텅스텐-구리 계면에서 고르게 흡수되어 국부적인 손상을 방지합니다. 이러한 특성은 쿠션 역할을 하여 재료를 충돌이나 낙하로부터 보호합니다. 내마모성과 내충격성의 조합으로 텅스텐 구리 막대는 군용 장비 또는 중공업 공구에 신뢰할 수 있는 선택이며, 엄격한 테스트를 통과하면서도 기능을 유지합니다.

4.3 텅스텐 구리 막대의 화학적 특성

텅스텐 구리 막대의 화학적 특성은 부식성 또는 고온 화학 환경에서의 성능을 결정합니다. 이러한 특성은 재료의 "면역 체계"처럼 작용하여 외부 부식을 방지하고 장기적인 안정성과 안전성을 보장합니다.

4.3.1 텅스텐 구리 막대의 산화 및 내식성

고온 공기에서 내산화성은 특히 중요합니다. 텅스텐의 안정적인 산화층은 보호막 역할을 하여 구리 상의 산화를 늦추고 고온 환경에서도 소재의 무결성을 유지합니다. 이러한 산화 방지 능력 덕분에 텅스텐 구리 막대는 용광로나 배기 시스템에 적합하며, 급격한 열화를 방지합니다. 내식성은 산성, 알칼리성 또는 습한 환경에서도 탁월합니다. 텅스텐 구리 막대는 마치 자연 환경에 영향을 받지 않는 수호자처럼 다양한 화학 매체의 침식을 견뎌냅니다. 화학 파이프라인이나 해양 장비에서 이러한 특성은 사용 수명을 연장하고 유지보수 필요성을 줄여줍니다. 표면 처리는 이러한

특성을 더욱 향상시켜 혹독한 화학 조건을 견딜 수 있도록 합니다.

4.3.2 텅스텐 구리 막대의 고온 화학적 안정성

고온 화학적 안정성 덕분에 텅스텐 구리 막대는 고온 가스나 용융 매체에서 불활성 상태를 유지합니다. 텅스텐의 화학적 불활성은 원치 않는 반응이나 분해를 방지합니다. 이러한 안정성은 용광로에서 안정화 역할을 하여 고온 반응기나 센서에서 안정적인 작동을 보장하고 상 변화로 인한 고장을 방지합니다. 야금 및 에너지 분야에서 이러한 특성은 지속적인 고온 작동을 지원하고 재료의 구조와 기능을 유지합니다.

4.3.3 텅스텐 구리 막대와 다른 금속의 호환성

다른 금속과의 호환성은 텅스텐 구리 막대의 또 다른 주요 장점입니다. 알루미늄, 강철 또는 니켈과 쉽게 안정적인 계면을 형성하여 계면 분리나 부식을 방지할 수 있습니다. 이러한 호환성은 서로 다른 재료를 연결하는 다리 역할을 하며, 전자 커넥터와 같은 복합 구조에서 전체 시스템의 안정성을 보장합니다. 용접 또는 합금화 과정에서 이러한 특성은 공정을 간소화하고 효율성을 향상시킵니다.

4.4 텅스텐 구리 막대의 미세조직 및 조직적 특성

미세 구조는 텅스텐 구리 막대 성능의 "내부 청사진"입니다. 이는 텅스텐 구리 상의 분포, 결합 및 진화를 보여줍니다. 이러한 특성은 재료의 DNA와 마찬가지로 거시적 특성의 성능을 결정합니다.

4.4.1 텅스텐 구리 막대의 결정 구조 및 상 조성

결정 구조는 주로 텅스텐의 체심입방 격자와 구리의 면심입방 격자로 구성되며, 각각 독립적으로 존재하여 유사 합금계를 형성합니다. 이러한 구조 덕분에 이 소재는 텅스텐의 강성과 구리의 유연성을 모두 지니게 되어, 현미경으로 보면 두 개의 조화로운 건축적 틀을 연상시킵니다. 상 구성은 정교한 퍼즐과도 같은데, 텅스텐 상은 견고한 틀을 제공하고 구리 상은 그 틈새를 메워 전체적인 균형을 유지합니다.

4.4.2 텅스텐 및 구리상의 분포 특성

텅스텐 상은 밤하늘에 흩뿌려진 별처럼 구리 매트릭스 내에 고르게 분포되어 국부적인 균집이나 불균일성을 방지합니다. 이러한 분포는 일관된 성능을 보장하는 동시에 구리 상은 연속적인 네트워크를 형성하여 전도 경로를 향상시킵니다. 이러한 균일성은 제조 공정 중 공정 제어를 통해 달성되며, 미세한 부분에서도 완벽한 조화를 이루는 소재를 만들어냅니다.

4.4.3 계면 결합 메커니즘 및 미세 구조 분석

계면 결합 메커니즘은 주로 기계적 맞물림과 미세 확산에 의존하며, 이로 인해 텅스텐과 구리 합금 사이에 상당한 간섭 화합물층 없이 견고한 결합이 형성됩니다. 미세 구조 분석 결과, 정밀 기어의 맞물림과 유사한 균일한 구조를 가진 매끄럽고 견고한 계면이 확인되어 효율적인 에너지 및 응력 전달을 보장합니다. 전자 현미경을 통해 이러한 구조를 확인하여 재료 고유 강도의 원천을 밝혀낼 수 있습니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명



제5장 텅스텐 구리 막대의 주요 응용 분야

고성능 복합 소재인 텅스텐 구리 막대는 텅스텐의 고강도 및 고온 저항성과 구리의 뛰어난 전기 및 열 전도성을 결합하여 다양한 첨단 기술 분야에서 널리 사용됩니다. 고유한 물리적 및 화학적 특성 덕분에 까다로운 작동 환경에서도 안정성과 신뢰성을 유지하여 전기 및 전자, 항공우주 및 방위, 기계 제조, 열 관리 등 산업의 엄격한 요구 사항을 충족합니다. 이 장에서는 전기 및 전자, 항공우주 및 방위, 기계 및 금형, 열 관리 및 기타 신흥 분야에서 텅스텐 구리 막대의 응용 분야를 자세히 살펴보고, 그 기능, 장점, 과제 및 기술적 요구 사항을 중점적으로 다룹니다. 전문적이고 상세한 설명을 통해 현대 산업에서 텅스텐 구리 막대가 차지하는 중요한 위치를 명확히 밝힐 것입니다.

5.1 전기 및 전자

텅스텐 구리 막대는 높은 전기 전도성, 뛰어난 아크 내식성, 그리고 우수한 열 안정성 덕분에 전기 및 전자 분야에서 중요한 용도로 사용됩니다. 이러한 특성 덕분에 고전압 전기 접점, 스위치 부품, 전극에 이상적인 소재로 사용되며, 송전 및 배전뿐 아니라 마이크로전자 패키징에도 널리 사용됩니다.

고전압 전기 장비에서 텅스텐 구리 막대는 전기 접점 재료로 자주 사용됩니다. 구리 상은 저저항 전류 경로를 제공하여 효율적인 전류 전달을 보장하며, 텅스텐 상의 높은 용점과 경도는 아크로 인한 고온 용해 및 기계적 마모에 효과적으로 저항합니다. 고전압 회로 차단기 및 개폐 장치에서 텅스텐 구리 막대 접점은 빈번한 스위칭 작동을 견뎌내고 장기적인 성능 안정성을 유지할 수 있습니다. 예를 들어, 배전 시스템에서 텅스텐 구리 막대 접점은 빠른 개폐를 지원하여 아크로 인한 에너지 손실과 표면 손상을 줄여 장비 수명을 연장합니다. 또한, 텅스텐 구리 막대 접점의

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

접착 방지 특성은 고전류 충격에도 접점이 용착되지 않도록 하여 시스템 안전성을 향상시킵니다.

전자 분야에서 텅스텐 구리 막대는 마이크로일렉트로닉스 패키징의 전극 및 커넥터로 널리 사용됩니다. 텅스텐 구리 막대의 열팽창 계수는 실리콘 및 갈륨비소와 같은 반도체 재료의 열팽창 계수와 매우 유사하여 열 사이클링 중 팽창 차이로 인한 응력 집중 및 균열 발생을 효과적으로 줄입니다. 이러한 특성은 고전력 집적 회로 및 전력 증폭기 패키징에 특히 중요합니다. 기판 또는 전극 재료로서 텅스텐 구리 막대는 칩과 기판 사이의 안정적인 연결을 보장하는 동시에 구리 상의 높은 전기 전도도를 통해 효율적인 신호 전송을 가능하게 합니다. 또한, 뛰어난 열전도도는 빠른 방열을 촉진하여 과열로 인한 칩 고장을 방지하므로 레이더 시스템 및 통신 모듈과 같은 고성능 전자 장치에 적합합니다.

텅스텐 구리 막대는 방전 가공(EDM) 전극으로도 널리 사용됩니다. 높은 경도와 내마모성은 가공 중 전극의 형상 정밀도를 유지하는 동시에, 뛰어난 전기 전도성은 안정적인 방전 성능을 보장합니다. 이러한 특성 덕분에 정밀 금형 제작 및 복잡한 부품 가공에 탁월하여 티타늄 합금 및 초경합금과 같은 고경도 소재의 가공을 가능하게 합니다.

5.2 항공우주 및 방위 산업

텅스텐 구리 막대는 높은 밀도, 고온 저항성, 그리고 내충격성으로 인해 항공우주 및 방위 산업에서 사용되며, 극한 환경에서도 구조적 무결성과 기능적 신뢰성을 유지합니다. 이러한 특성 덕분에 로켓 엔진 부품, 미사일 추적 장치, 장갑 관통재 등에 이상적인 소재로 사용됩니다.

항공우주 분야에서 텅스텐 구리 막대는 로켓 엔진 노즐용 스포트 라이너와 열 보호 부품 제조에 자주 사용됩니다. 높은 용점과 열 안정성은 연소실의 고온 고압 가스 침식을 견뎌내 재료의 용융이나 삭마를 방지합니다. 구리의 높은 열전도도는 고온 영역의 열을 빠르게 방출하여 국부 과열을 방지하고 장기 작동 시 노즐의 안정성을 보장합니다. 또한, 텅스텐 구리 막대의 고밀도는 항공기의 무게 중심을 조정하고 발사 및 궤도 작동의 정확성을 보장하는 우주선 균형추 시스템에 독보적인 이점을 제공합니다. 예를 들어, 위성 자세 제어 시스템에서 텅스텐 구리 막대 균형추는 안정적인 관성 균형을 제공하고 고정밀 동적 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

방위 산업에서 텅스텐 구리 막대는 장갑 관통형 발사체 심과 전기 접촉 부품을 제조하는 데 사용됩니다. 높은 밀도와 경도로 인해 견고한 장갑재를 관통할 수 있으며, 구리 상(phase)의 인성은 심의 충격 저항성을 향상시키고 파손 위험을 줄여줍니다. 또한, 텅스텐 구리 막대는 군용 전자 장비의 전극 재료로 사용되어 고출력 펄스 조건에서 안정성을 유지하며 레이더 및 전자 대응 체계에 적합합니다. 텅스텐 구리 막대의 내식성과 고온 안정성은 고온, 다습, 염분 분무와 같은 혹독한 전장 환경에서도 신뢰성을 보장합니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

CTIA GROUP LTD
Tungsten Copper Rod Introduction

1. Overview of Tungsten Copper Rod

Tungsten copper rod is composite materials produced by infiltrating high-purity tungsten powder with copper through a vacuum infiltration process. It possesses a unique microstructure that combines the high strength and high melting point of tungsten with the excellent electrical and thermal conductivity of copper. This results in a high-performance material with outstanding thermal stability, wear resistance, and electrical conductivity.

2. Characteristics of Tungsten Copper Rod

High Thermal Conductivity: The excellent thermal conductivity of copper ensures rapid heat dissipation, making it suitable for high-power devices and laser systems.

High Strength and High-Temperature Resistance: The stable mechanical properties of tungsten allow the material to remain reliable under extreme high-temperature conditions.

Resistance to Arc Erosion: The tungsten-copper composite structure provides exceptional resistance to arc erosion in electrical applications, significantly extending electrode service life.

Low Thermal Expansion Coefficient: Effectively reduces thermal stress and improves structural stability.

Excellent Machinability: Can be precisely fabricated into electrodes, heat sinks, or complex parts to meet diversified application requirements.

3. Performance Parameters of Tungsten Copper Rod

Product Name	Chemical Composition (%)		Physical and Mechanical Properties			
	Impurities ≤	W	Density (g/cm³)	Hardness (HB)	Resistivity (mΩ • cm)	Tensile Strength (MPa)
W50Cu	0.5	Balance	11.85	115	3.2	—
W60Cu	0.5	Balance	12.75	140	3.7	—
W70Cu	0.5	Balance	13.8	175	4.1	790
W80Cu	0.5	Balance	15.15	220	5	980
W90Cu	0.5	Balance	16.75	260	6.5	1160

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: tungsten-copper.com

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

5.3 기계 및 금형 산업

기계 및 금형 산업에서 텅스텐 구리 막대는 높은 경도, 내마모성, 그리고 우수한 가공 성능을 기반으로 사용됩니다. 텅스텐 구리 막대는 고정밀 금형, 절삭 공구 및 내마모성 부품 제조에 적합합니다. 이러한 특성 덕분에 고하중 및 마찰 환경에서도 우수한 성능을 발휘하여 장비 및 공구의 수명을 연장합니다.

금형 제작 시 텅스텐 구리 막대는 EDM 및 스탬핑 다이 제작에 자주 사용됩니다. 높은 경도는 가공 중 마모와 변형에 강하여 치수 정확도와 표면 품질을 보장합니다. 구리 상의 전기 전도성은 효율적인 EDM 방전을 지원하여 항공우주 부품 및 의료 기기와 같은 복잡한 형상의 가공에 적합합니다. 또한, 텅스텐 구리 막대의 높은 열전도도는 빠른 방열을 촉진하여 연속 금형 작업 중 열 피로 균열을 줄이고 생산 효율을 향상시킵니다.

절삭 공구 산업에서 텅스텐 구리 막대는 공구 소재 또는 공구 인서트로 사용됩니다. 내마모성과 내충격성이 뛰어나 스테인리스강 및 티타늄 합금과 같은 고경도 소재의 절삭에도 견딜 수 있으며, 공구의 날카로움과 수명을 유지합니다. 또한, 구리의 높은 인성은 취성 파괴 위험을 줄여 고속 절삭 및 고하중 가공에서 경쟁력을 높여줍니다. 사출 성형 및 다이캐스팅 금형에서 텅스텐 구리 막대의 고온 강도와 내열충격성은 반복적인 가열 및 냉각 사이클 동안 금형 안정성을 보장하여 표면 균열 및 변형을 줄여줍니다.

5.4 열 관리 및 방열 장치

열 관리 및 방열 장치 분야에서 텅스텐 구리 막대는 뛰어난 열전도도와 낮은 열팽창 계수를 자랑하며, 고전력 전자 장치 및 방열판 소재에 이상적인 선택입니다. 현대 전자 기기의 밀도가 높아짐에 따라 방열 성능에 대한 요구가 높아지고 있으며, 텅스텐 구리 막대는 이 분야에서 뛰어난 성능을 입증했습니다.

고전력 전자 장치에서 텅스텐 구리 막대는 방열판 기판 및 방열판 재료로 자주 사용됩니다. 텅스텐 구리 막대는 높은 열전도도를 가지고 있어 칩이나 레이저에서 발생하는 열을 외부 환경으로 빠르게 전달하여 성능 저하나 장치 고장으로 이어질 수 있는 과열을 방지합니다. 예를 들어, 레이저 다이오드와 전력 증폭기에서 텅스텐 구리 막대 방열판은 작동 온도를 효과적으로 낮춰 장치 신뢰성과 수명을 향상시킵니다. 반도체 재료와 호환되는 낮은 열팽창 계수는 열 응력을 줄이고 장기 작동 시 구조적 무결성을 보장합니다.

신에너지 자동차와 5G 통신 장비에서 텅스텐 구리 막대는 배터리 관리 시스템 및 기지국 냉각 모듈 제조에 사용됩니다. 텅스텐 구리 막대의 빠른 열전도성은 효율적인 열 관리를 지원하여 배터리 과열이나 신호 프로세서의 열적 고장을 방지합니다. 또한, 높은 강도와 내식성을 갖추고 있어 습하거나 고온 환경에서 장기간 사용이 가능하여 실외 장비의 요구 사항을 충족합니다. 히트 파이프 및 열교환기 제조 시, 텅스텐 구리 막대의 열전도성과 기계적 안정성은 시스템 효율을 더욱 향상시켜 데이터 센터 및 산업용 냉각 시스템에 적합합니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

5.5 기타 응용 분야

위의 주요 분야 외에도 텅스텐 구리 막대는 다양한 신호 및 전문 분야에서 잠재력을 보이고 있으며, 그 다재다능함은 그 적용 범위를 지속적으로 확대해 왔습니다.

의료 분야에서 텅스텐 구리 막대는 방사선 치료 장비의 차폐 부품과 콜리메이터를 제조하는 데 사용됩니다. 텅스텐 구리 막대는 높은 밀도로 X선과 감마선을 효과적으로 차폐하여 환자와 의료진을 방사선 손상으로부터 보호합니다. 또한, 가공 특성 덕분에 복잡한 형상의 제작이 가능합니다. 또한, 텅스텐 구리 막대는 의료 영상 장비의 전극이나 방열판으로 사용되어 성능과 안정성을 향상시킵니다.

재생 에너지 분야에서 텅스텐 구리 막대는 태양광 및 풍력 발전 시스템의 전기 접점 부품으로 사용됩니다. 높은 전도성과 내마모성은 효율적인 전류 전송을 지원하는 동시에, 내부식성은 실외 환경에서 장기적인 신뢰성을 보장합니다. 예를 들어, 태양광 인버터에서 텅스텐 구리 막대는 고전류 및 빈번한 스위칭 문제를 견딜 수 있는 커넥터 소재로 사용됩니다.

과학 연구에서 텅스텐 구리 막대는 고온 실험 장치 및 입자 가속기의 부품으로 자주 사용됩니다. 고온 및 충격 저항성이 뛰어나 고온 플라즈마 환경이나 고에너지 입자 충격과 같은 극한의 실험 조건을 견딜 수 있습니다. 또한, 뛰어난 전기 및 열 전도성은 정밀 실험 장비의 신호 전송 및 열 관리를 지원합니다.

스포츠 및 엔터테인먼트 분야에서 텅스텐 구리 막대는 골프 클럽 웨이트와 같은 고정밀 스포츠 장비 제조에 사용됩니다. 텅스텐 구리 막대는 높은 밀도 덕분에 작은 부피 내에서 이상적인 무게 분산을 가능하게 하여 장비의 균형과 조작성을 향상시킵니다. 이러한 응용 분야는 아직 제한적이지만, 비산업용 분야에서도 텅스텐 구리 막대의 잠재력을 보여줍니다.

요약하자면, 탁월한 종합적 특성을 지닌 텅스텐 구리 막대는 전기 및 전자, 항공우주 및 방위, 기계 및 금형, 열 관리 및 기타 신호 분야에서 광범위한 응용 가능성을 보여줍니다. 높은 전도성, 고온 저항성, 그리고 기계적 강도의 조합은 복잡하고 까다로운 작동 환경을 견딜 수 있도록 하여 현대 산업 및 기술 발전에 신뢰할 수 있는 지원을 제공합니다. 재료 과학의 발전과 함께 텅스텐 구리 막대의 응용 분야는 더욱 확대되어 더 많은 산업에 혁신적인 솔루션을 제공할 것으로 예상됩니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명



제6장 텅스텐 구리 막대 생산 장비 및 공정 관리

텅스텐 구리 막대 생산은 분말 준비, 성형, 소결, 진공 침투, 후가공, 품질 검사 등 여러 핵심 단계를 포함하는 복잡한 분말 야금 공정입니다. 각 단계는 재료 특성의 안정성과 일관성을 보장하기 위해 정교한 생산 장비와 엄격한 공정 관리가 필요합니다. 생산 장비의 설계 및 운영은 텅스텐 구리 막대의 미세 구조, 물리적 특성 및 최종 제품 품질을 직접적으로 결정하며, 공정 관리는 정밀한 매개변수 관리를 통해 높은 효율과 낮은 불량률을 달성합니다. 이 장에서는 텅스텐 구리 막대 생산 공정에 관련된 주요 장비와 그 기능을 자세히 설명합니다. 또한, 공정 관리의 핵심 사항과 함께 장비 선택, 운영 요건 및 최적화 전략을 분석하여 산업 생산에 필요한 기술 지침을 제공합니다.

6.1 분말 제조 및 성형 장비

분말 준비 및 성형 장비는 텅스텐 구리 막대 생산에 필수적입니다. 이 장비는 고순도 텅스텐 분말과 전해 구리 분말을 준비하고 이를 성형된 블랭크로 압착하는 데 사용됩니다. 이러한 장비는 분말 순도, 입자 크기 분포, 그리고 성형된 블랭크의 균일성을 보장하여 후속 소결 및 함침 공정의 기반을 마련해야 합니다.

분말 제조 장비는 주로 수소 환원로와 전해 정련 시스템을 포함합니다. 수소 환원로는 텅스텐 또는 삼산화텅스텐으로부터 고순도 텅스텐 분말을 제조하는 데 사용됩니다. 일반적으로 관형로 또는 회전로를 사용하며, 정밀 온도 제어 시스템과 수소 공급 장치가 장착되어 있습니다. 노 내 온도는 명확하게 구분되어 있으며, 1차 환원과 2차 환원은 서로 다른 온도 영역에서 수행되어 분말 입자 크기가 균일하고 산소 함량이 낮습니다. 전해 정련 시스템은 전해 구리 분말을 생산하는 데 사용됩니다. 전해조, 음극판, 전류 제어 장치로 구성됩니다. 전해질 순환 시스템은

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

구리 분말의 고순도 및 균일성을 보장합니다. 또한, 기류 분급기와 진동 스크린을 사용하여 분말 입자 크기 분포를 제어합니다. 크기가 다른 입자는 고속 기류 또는 스크린을 통해 분리되어 텅스텐 분말과 구리 분말의 입자 크기가 공정 요건을 충족하도록 합니다.

성형 장비에는 주로 단축 프레스와 등압 프레스가 포함됩니다. 유압 또는 기계식으로 구동되는 단축 프레스는 텅스텐 분말(소량의 구리 분말이나 바인더와 혼합 가능)을 강철 금형 내의 성형체에 압축합니다. 정밀한 압력 적용 및 보압 시간 제어를 위해 압력 센서와 자동 제어 시스템이 장착되어 있습니다. 반면, 등압 프레스는 액체 또는 기계 매체를 통해 균일한 압력을 가하며, 크거나 복잡한 모양의 성형체 성형에 적합합니다. 고압 펌프와 유연한 금형을 장착하여 성형체의 밀도 균일성을 크게 향상시킵니다. 성형 공정에서는 금형 설계 및 탈형 시스템이 매우 중요합니다. 표면 결함이나 고착을 방지하기 위해 내마모성 소재와 윤활 장치가 필요합니다.

공정 제어 측면에서, 분말 제조 시에는 환원 분위기, 온도 구배, 전해질 조성을 엄격하게 모니터링하여 분말 순도가 99.95%를 초과하고 입자 크기 분포가 1~5 μm 범위에 속하도록 해야 합니다. 성형 공정에서는 성형체의 균열이나 밀도 구배를 방지하기 위해 압력, 바인더 첨가량, 탈형 속도를 정밀하게 조절해야 합니다. 또한, 분말 품질에 영향을 줄 수 있는 불순물이나 장비 마모로 인한 오염을 방지하기 위해 장비 유지보수 및 세척 또한 매우 중요합니다.

6.2 진공소결 및 프리폼 제조 장비

진공 소결 및 프리폼 제조 장비는 프레스된 그린 바디를 적절한 기공률과 강도를 가진 다공성 텅스텐 골격으로 변환하여 후속 진공 함침을 위한 구조적 기반을 제공하는 데 사용됩니다. 이러한 장비는 소결 공정의 안정성과 골격 균일성을 보장하기 위해 고정밀 온도 제어 및 분위기 관리 기능을 갖추어야 합니다.

진공 소결로는 핵심 장비로, 일반적으로 저항 또는 유도 가열을 활용하고 다중 구역 온도 제어 시스템과 진공 펌핑 시스템을 갖추고 있습니다. 로 본체는 고온 저항성 재료(예: 스테인리스강 또는 석영)로 제작되고 흑연 또는 몰리브덴 가열 요소가 장착되어 1200~1600°C의 온도에서 고온 소결이 가능합니다. 기계식 펌프와 확산 펌프로 구성된 진공 펌핑 시스템은 노 내부의 진공 수준을 10⁻³ Pa 미만으로 유지하여 산화를 방지하고 가스 배출을 용이하게 합니다. 일부 소결로는 수소 분위기 소결을 지원하고 표면 산화물을 줄이고 입자 결합 효율을 높이기 위해 수소 공급 및 배기 가스 처리 시스템이 장착되어 있습니다. 다중 구역 가열 설계는 균일한 온도장을 보장하여 그린 바디 변형과 국부적인 과연소를 최소화합니다.

탈지 로 및 기공 형성제 처리 시스템 과 같은 보조 장비가 포함될 수 있습니다. 탈지 로는 프레스된 성형체에서 바인더(예: 폴리비닐알코올)를 제거합니다. 보호 분위기에서 저온(400~600°C)으로 가열하여 유기물을 분해하여 프리폼의 품질에 영향을 줄 수 있는 잔류 탄화물을 방지합니다. 기공 형성제 처리 시스템은 임시 기공 형성제(예: 중탄산암모늄)를 첨가 및 제거하고, 정밀 계량 및 열처리를 통해

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

기공률을 제어하는 데 사용됩니다.

공정 제어에서 소결 온도, 유지 시간, 그리고 가열 속도는 핵심 매개변수입니다. 열 응력으로 인한 성형체의 균열을 방지하기 위해 온도를 점진적으로 높여야 합니다. 유지 시간은 입자 간의 강력한 넥 연결을 보장하기 위해 2~4시간으로 조절합니다. 진공도 또는 수소 유량을 실시간으로 모니터링하여 산화 및 불순물 유입을 방지합니다. 기공률은 분말 입자 크기 비율과 소결 매개변수를 최적화하여 제어하며, 후속 구리 함침을 위해 20~40%의 연결 기공률을 목표로 합니다.

6.3 진공 침투 장비

진공 침투 장비는 텅스텐 구리 막대 생산의 핵심으로, 용융 구리를 다공성 텅스텐 골격에 침투시켜 치밀한 복합 재료를 형성하는 역할을 합니다. 이 장비는 균일한 구리 충진을 보장하고 결함을 방지하기 위해 높은 진공 성능, 정밀한 온도 제어, 그리고 안정적인 작동 환경을 갖추어야 합니다.

진공 침투로는 일반적으로 진공 챔버, 가열 시스템, 진공 펌프 어셈블리, 그리고 냉각 시스템으로 구성됩니다. 진공 챔버는 고온 내성 재료로 제작되며, 텅스텐 프리폼과 구리 블록을 담는 흑연 도가니를 포함합니다. 가열 시스템은 일반적으로 중주파 유도 가열을 사용하며, 온도를 1100~1300°C까지 빠르게 상승시켜 용융 구리의 완전한 용융과 적절한 유동성을 보장합니다. 루츠 펌프와 분자 펌프를 포함한 진공 펌프 어셈블리는 진공 압력을 10^{-3} Pa 미만으로 유지하여 가스 저항을 제거하고 구리의 자발적 침투를 촉진합니다. 냉각 시스템은 수냉 또는 공냉을 사용하여 냉각 속도를 제어하고 열 응력으로 인한 균열을 방지합니다. 일부 첨단 장비에는 아르곤과 같은 불활성 가스를 사용하여 추가적인 압력을 가하여 침투 깊이를 증가시키는 고압 가스 보조 시스템이 장착되어 있습니다.

침투로 작동 공정은 예열, 용융, 침투, 냉각의 네 단계로 구성됩니다. 예열 단계에서는 텅스텐 프리폼을 1000~1100°C로 가열하여 표면에 흡착된 가스를 제거합니다. 용융 단계에서는 구리 블록을 용융점 이상으로 가열하여 용융 구리가 모세관 현상과 진공 압력 하에서 골격을 관통하도록 합니다. 유지 단계에서는 용융 구리가 기공을 완전히 채우도록 합니다. 냉각 단계에서는 구조적 결함을 방지하기 위해 프로그래밍된 냉각을 사용합니다. 장비에는 공정 변수에 대한 실시간 피드백을 제공하기 위해 고정밀 온도 센서와 진공 모니터링 시스템이 장착되어야 합니다.

공정 제어에서 구리 침투 온도, 진공도, 그리고 유지 시간은 매우 중요합니다. 구리 휘발이나 골재 조대화를 방지하기 위해 온도는 구리의 녹는점보다 높아야 하지만 텅스텐의 재결정 온도보다 낮아야 합니다. 기포 형성이나 산화 반응을 방지하기 위해 진공도는 일정하게 유지되어야 합니다. 침투 동역학은 기공 크기와 습윤성의 영향을 받으며, 프리폼 설계 및 습윤제(미량의 크롬 등) 첨가를 통해 최적화해야 합니다. 장비 유지보수와 관련하여, 재료 오염이나 열효율 저하를 방지하기 위해 도가니와 가열 소자를 정기적으로 점검하는 것이 매우 중요합니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

6.4 후가공 및 가공 장비

후가공 및 기계 가공 장비는 가공 과정에서 잔류 응력을 제거하고, 재료 특성을 조정하며, 정밀한 치수 성형을 달성하기 위해 사용됩니다. 이러한 장비는 텅스텐 구리 막대의 높은 경도와 복합 재료 특성을 처리하기 위해 높은 정밀도와 내마모성을 갖추어야 합니다.

후가공 장비에는 주로 열처리로와 어닐링로가 포함됩니다. 열처리로는 수소 또는 진공 분위기를 활용하여 800° C에서 1000° C 사이의 온도를 1~3시간 동안 유지하여 침투 및 냉각 과정에서 발생하는 잔류 응력을 제거하여 소재의 인성을 향상시킵니다. 어닐링로는 다단계 가열 및 서냉을 통해 결정 구조를 최적화하고 내부 결함을 줄입니다. 이 장비에는 정밀 온도 제어 시스템과 분위기 순환 장치가 장착되어 열처리 공정의 균일성과 안전성을 보장합니다.

가공 장비에는 CNC 선반, 밀링 머신, 연삭기, 방전 가공기(EDM)가 포함됩니다. CNC 선반과 밀링 머신은 황삭 및 정삭 작업에 사용되며, 텅스텐 구리 막대의 높은 경도에 맞춰 다이아몬드 또는 초경 공구를 사용합니다. 과열이나 표면 손상을 방지하기 위해 절삭 속도와 이송 속도를 엄격하게 제어해야 합니다. 연삭기는 높은 표면 조도($R_a < 0.2 \mu m$)를 달성하고 다축 연결을 통해 복잡한 형상을 가공하는 데 사용됩니다. 방전 가공기는 정밀 금형 및 미세 형상 가공에 적합하며, 텅스텐 구리 막대의 고유한 전도성을 활용하여 효율적인 방전 가공을 수행합니다. 가공 과정에서 냉각수 순환 시스템과 공구 마모 모니터링 장치는 가공 정확도와 장비 수명을 보장하는 데 핵심적인 역할을 합니다.

공정 제어 시, 열처리는 구리 석출 및 강도 저하로 이어질 수 있는 과열을 방지하기 위해 온도 프로파일과 유지 시간을 최적화해야 합니다. 가공 시에는 치수 공차를 0.01mm 이내로 유지하기 위해 CNC 프로그래밍과 온라인 측정이 필요합니다. 미세 균열 및 표면 거칠기를 방지하기 위해서는 공구 선택 및 절삭 매개변수 최적화가 매우 중요합니다.

6.5 테스트 및 품질 관리 장비

시험 및 품질 관리 장비는 텅스텐 구리 막대의 성능과 일관성을 평가하여 제품이 설계 요건을 충족하는지 확인하는 데 사용됩니다. 이 장비는 생산 공정 전반에 걸쳐 물리적, 화학적 및 미세 구조 분석을 수행합니다.

아르키메데스 밀도계와 X선 밀도 스캐너를 포함한 밀도 측정 장비를 사용하여 재료의 밀도와 기공률을 평가하고, 침투 후 미충전 영역이 없는지 확인합니다. 열전도도 시험기는 레이저 플래시 방식 또는 열 흐름 방식을 사용하여 텅스텐 구리 막대의 열전도도를 측정하여 열 관리 성능을 검증합니다. 전기전도도 시험기는 4점 프로브 방식을 사용하여 저항률을 측정하여 재료가 전기적 응용 요건을 충족하는지 확인합니다. 만능 시험기와 경도 시험기를 포함한 기계적 특성 시험 장비는 각각 인장, 압축, 굽힘, 경도 시험에 사용되어 재료의 강도와 내마모성을 평가합니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

미세 구조 분석 장비에는 주사 전자 현미경(SEM), X선 회절 분석기(XRD), 에너지 분산 분광법(EDS)이 포함됩니다. SEM은 텅스텐 및 구리 상의 분포와 계면 결합을 관찰하여 균열이나 침투되지 않은 부분을 검출하는 데 사용됩니다. XRD는 결정 구조와 상 조성을 분석하여 불순물 상의 존재 여부를 확인합니다. EDS는 원소 분포를 검사하여 재료의 순도와 균일성을 확인합니다. 초음파 탐상 장치나 X선 CT 스캐너와 같은 비파괴 검사 장비는 기포나 개재물과 같은 내부 결함을 검출하여 제품 품질을 보증하는 데 사용됩니다.

공정 관리에서 테스트는 원자재부터 반제품, 완제품까지 전체 공정을 포괄해야 합니다. 분말 단계에서는 입도 분석기와 화학 분석을 통해 품질을 보장합니다. 소결 및 함침 단계에서는 온라인 온도 및 진공 모니터링을 통해 공정 안정성을 제어합니다. 다차원 테스트는 완제품 단계에서 성능 일관성을 검증합니다. 데이터 관리 시스템은 테스트 결과를 기록하고 분석하여 통계적 공정 관리(SPC) 기법을 통해 생산 매개변수를 최적화하고 불량률을 줄일 수 있도록 지원합니다.



제7장 텅스텐 구리 막대의 품질 검사 및 평가 방법

고성능 복합 재료인 텅스텐 구리 막대의 품질 검사 및 평가는 전기, 전자, 항공우주 및 열 관리와 같은 응용 분야에서 안정성과 신뢰성을 보장하는 데 매우 중요합니다. 품질 검사는 외관 및 치수의 예비 검사뿐만 아니라 물리적, 기계적, 화학적 및 미세 구조적 특성에 대한 포괄적인 평가를 포함합니다. 정교한 장비와 표준화된 공정을 활용하는 이러한 검사 방법은 텅스텐 구리 막대가 설계 요건을 충족하는지 완벽하게 검증하고, 잠재적 결함을 식별하며, 공정 최적화의 기반을 제공합니다. 이 장에서는 텅스텐 구리 막대의 품질 검사 및 평가 방법을 체계적으로 설명하고, 각 검사 단계의 기술 원리, 운영 절차, 장비 요건 및 중요 관리점을 자세히 설명합니다. 또한 일반적으로 사용되는 국제 표준과 비교하여 생산 및 적용에 대한 전문적인 지침을

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

제공합니다.

7.1 텅스텐 구리 막대의 외관 및 치수 검사

외관 및 치수 검사는 텅스텐 구리 막대 품질 관리의 첫 단계로, 재료의 표면 품질과 기하학적 정확도가 설계 사양을 충족하는지 확인하고 후속 성능 시험의 기반을 마련하는 것을 목표로 합니다. 외관 검사는 재료 표면의 무결성에 중점을 두고 균열, 기공, 개재물, 구리 풀 또는 탄화와 같은 결함을 검사합니다. 이러한 결함은 불균일한 압착, 소결 결함 또는 준비 과정에서의 불충분한 용침으로 인해 발생할 수 있습니다. 검사는 일반적으로 돋보기 또는 저배율 현미경과 함께 육안 검사를 통해 수행됩니다. 작업자는 육안으로 보이는 결함이 없는지 확인하기 위해 밝고 균일한 광원 아래에서 막대 표면을 관찰해야 합니다. 복잡한 모양의 텅스텐 구리 막대의 경우, 산업용 내시경을 사용하여 내부 표면이나 접근하기 어려운 부분을 검사할 수 있습니다.

치수 검사는 일반적으로 고정밀 측정 도구를 사용하여 텅스텐 구리 막대의 기하학적 매개변수(직경, 길이, 진원도 등)가 공차 요건을 충족하는지 확인합니다. 마이크로미터와 버니어 캘리퍼스는 최대 0.01mm의 정확도로 기본 치수를 측정하는 데 사용됩니다. 더 높은 정밀도가 필요한 경우, 좌표 측정기(CMM)는 다점 접촉 프로브를 사용하여 막대의 3차원 프로파일을 스캔하고 공차가 0.005mm 이내인지 확인합니다. 레이저 스캐너는 비접촉 방식으로 표면 프로파일 데이터를 빠르게 수집하므로 대량 생산 시 신속한 검사에 적합합니다. 치수 검사는 열처리 또는 가공 후 발생할 수 있는 미세한 변형도 고려해야 하므로 생산의 여러 단계에서 여러 번의 측정이 필요합니다.

공정 관리 중 육안 검사에는 표준화된 결함 분류 시스템이 필요합니다. 예를 들어, 결함 크기와 유형을 기반으로 기준을 설정해야 합니다(예: 균열 길이 0.1mm 미만은 허용 가능). 치수 검사에는 반복성과 정확성을 보장하기 위해 교정된 측정 장비가 필요하며, 열팽창 효과를 보정하기 위해 주변 온도도 기록해야 합니다. 결함의 조기 발견은 불충분한 압착 압력이나 과도한 침투 온도와 같이 제조 공정의 특정 단계로 거슬러 올라갈 수 있으며, 이는 공정 최적화를 위한 데이터 기반을 제공합니다.

7.2 텅스텐 구리 막대의 물리적 특성 시험

물리적 특성 시험은 텅스텐 구리 막대의 밀도, 열전도도, 전기 전도도, 그리고 열팽창 특성을 평가하며, 이러한 특성은 열 관리 및 전기 응용 분야에서 막대의 성능에 직접적인 영향을 미칩니다. 밀도 시험은 아르키메데스의 원리를 활용하여 고정밀 전자 저울을 사용하여 막대의 공기 및 액체 질량을 측정합니다. 계산된 밀도를 이론값과 비교하여 침투 완전성과 기공률을 평가합니다. 일반적인 텅스텐 구리 막대의 밀도는 텅스텐 함량(50~90 중량 %)에 따라 11.8~17.0 g/cm³입니다. 밀도 편차는 미충전 영역 또는 구리 분포의 불균일성을 나타낼 수 있습니다.

열전도도 시험은 레이저 열전도도 측정기와 샘플 가열 장치로 구성된 장비를 사용하는 레이저 플래시 방식을 사용합니다. 막대 샘플은 레이저 펄스로 가열되고,

적외선 검출기는 시간 경과에 따른 후면 온도 변화를 측정하여 열전도도를 계산합니다. 텅스텐 구리 막대의 열전도도는 일반적으로 구리 함량과 미세 구조 균일성에 따라 $180 \sim 250 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 입니다. 전기전도도 시험은 4점 프로브 방식을 사용하며, 정전류원과 전압계를 사용하여 저항률을 측정한 후 전기전도도(일반적으로 $30 \sim 50\%$ IACS)로 변환합니다. 높은 전기전도도는 전기 접촉 응용 분야에 매우 중요하며, 열전도도는 방열판 성능을 결정합니다.

열팽창 계수 시험은 열기계 분석기 (TMA)를 사용하여 수행됩니다. 시료를 제어된 온도($20 \sim 1000^\circ \text{C}$)에서 가열하고 선팽창을 측정합니다. 텅스텐 구리 막대의 열팽창 계수는 일반적으로 $6 \sim 10 \times 10^{-6}/\text{K}$ 로, 반도체 재료와 잘 일치하며 전자 패키징에 적합합니다. 이 시험은 열 응력이 결과에 영향을 미치지 않도록 제어된 가열 속도($5 \sim 10^\circ \text{C/분}$)가 필요합니다.

공정 관리 중 물리적 특성 시험은 표면 평탄도 및 치수 표준화와 같은 일관된 시료 전처리를 보장해야 합니다. 시험 환경은 외부 간섭을 방지하기 위해 습도와 온도가 조절되어야 합니다. 결과는 배치 일관성을 평가하기 위해 통계적 방법(예: 평균 및 표준 편차)을 사용하여 분석됩니다. 이상값은 과도한 기공률이나 불균일한 구리 상 분포와 같은 공정 결함을 나타낼 수 있습니다.

7.3 텅스텐 구리 막대의 기계적 성질 시험

기계적 시험은 텅스텐 구리 막대의 경도, 강도, 인성 및 내마모성을 평가하여 기계적 응력 환경에서의 신뢰성을 보장합니다. 경도 시험은 비커스 경도계 또는 브리넬 경도계를 사용하여 막대 표면에 특정 하중을 가하고 압입 크기를 측정합니다. 텅스텐 구리 막대의 경도는 텅스텐 함량에 따라 증가하며, 일반적으로 $100 \sim 250\text{HV}$ 범위에 이므로 금형 및 전극과 같은 내마모성 응용 분야에 적합합니다.

강도 시험에는 인장, 압축, 굽힘 시험이 포함되며, 이는 만능 시험기를 사용하여 수행됩니다. 인장 시험은 인장 강도와 신장률을 측정합니다. 텅스텐 구리 막대의 인장 강도는 일반적으로 $500 \sim 800 \text{ MPa}$ 이며, 신장률은 낮은 편($1 \sim 5\%$)으로, 이는 제한된 연성을 반영합니다. 압축 시험은 압축 강도를 평가하며, 일반적으로 $800 \sim 1200 \text{ MPa}$ 범위로 균형추나 고압 부품에 적합합니다. 3점 굽힘 시험은 동적 하중 하에서 재료의 성능을 반영하는 굽힘 강도와 파괴 인성을 측정합니다. 이 시험은 ASTM E8에 명시된 인장 시험편과 같은 표준 시료를 사용하고 정확한 결과를 보장하기 위해 하중 속도를 제어해야 합니다.

내마모성 시험은 트라이보미터를 사용하여 특정 하중 하에서 표준 연마재(예: 산화알루미늄)에 시료를 접촉시켜 질량 손실 또는 마모 흔적 깊이를 측정합니다. 내충격성 시험은 낙하 추 시험 또는 샤르피 충격 시험기를 사용하여 재료의 충격 에너지 흡수 능력을 평가합니다. 텅스텐 구리 막대의 내마모성과 내충격성은 텅스텐의 경도와 구리의 인성 덕분에 나타나며, 고속 절삭이나 진동 환경에 적합합니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

공정 관리 과정에서 기계적 시험을 통해 샘플 표면에 결함이 없는지 확인해야 하며, 시험 장비는 정기적으로 교정해야 합니다. 시험 결과는 미세 구조 분석과 결합하여 성능 저하가 계면 결합 불량이나 기공률 저하로 인한 것인지 평가해야 합니다. 일관된 제품 품질을 보장하기 위해 통계적 공정 관리(SPC)를 통해 배치별 기계적 특성 일관성을 모니터링합니다.

7.4 텅스텐 구리 막대의 화학적 특성 시험

화학 성능 시험은 텅스텐 구리 막대의 내산화성, 내식성 및 고온 화학적 안정성을 평가하여 가혹한 화학 환경에서의 신뢰성을 보장합니다. 내산화성 시험은 열중량 분석기(TGA)를 사용하여 수행됩니다. 시료를 공기 또는 산소(200~1000° C)에서 가열하고 질량 변화를 측정하여 산화 속도를 평가합니다. 텅스텐 구리 막대는 고온에서 구리 상의 산화 경향을 억제하는 안정적인 텅스텐 산화층으로 인해 우수한 내산화성을 나타냅니다.

내식성 시험은 침지 시험 또는 전기화학 시험을 사용합니다. 침지 시험은 시료를 산성(예: 황산), 알칼리성(예: 수산화나트륨) 또는 염분 분무 환경에 놓아 표면 부식 및 질량 손실 정도를 관찰합니다. 전기화학 시험은 전위차 분극을 이용하여 부식 전위와 부식 전류 밀도를 측정하여 부식성 매질에서 재료의 안정성을 평가합니다. 텅스텐 구리 막대는 다양한 화학 환경에서 뛰어난 내식성을 나타내므로 해양 또는 화학 분야에 적합합니다.

고온 화학적 안정성 시험은 고온로에서 수행됩니다. 시료를 특정 기체(예: 질소, 수소 또는 이산화탄소)에 노출시켜 상 변화 또는 화학 반응 발생 여부를 감지합니다. 텅스텐 구리 막대는 고온에서 불활성이어서 고온 반응기나 센서에서 안정적으로 작동합니다.

공정 제어 과정에서 화학 성능 시험은 재현 가능한 결과를 보장하기 위해 제어된 환경 조건(온도, 습도, 가스 순도 등)을 필요로 합니다. 시험에 영향을 줄 수 있는 오염을 방지하기 위해 시료 표면은 깨끗해야 합니다. 불순물이나 계면 결함이 화학 성능 저하에 영향을 미치는지 평가하기 위해 결과 분석과 미세 구조 분석을 병행해야 합니다.

7.5 텅스텐 구리 막대의 미세조직 및 조직 분석

미세구조 및 구조 분석을 통해 텅스텐-구리 막대의 미세적 특성을 심층적으로 규명하고, 텅스텐-구리 상의 분포, 계면 결합 및 결합을 평가하여 성능 최적화의 기반을 제공합니다. 주사전자현미경(SEM)은 텅스텐-구리 상의 분포와 형태를 관찰하고, 침투되지 않은 영역, 균열 또는 개재물의 존재를 감지하는 데 사용되는 주요 도구입니다. 후방산란전자(BSE) 모드를 갖춘 SEM은 텅스텐(높은 원자번호, 밝은 영역)과 구리(어두운 영역)를 구분할 수 있어 상 분포의 균일성을 명확하게 보여줍니다.

X선 회절계(XRD)는 결정 구조 및 상 조성을 분석하여 텅스텐의 체심입방(BCC) 구조와

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

구리의 면심입방(FCC) 구조를 확인하고, 산화물과 같은 불순물 상의 형성을 검출하는데 사용됩니다. 에너지 분산 분광법(EDS)과 주사 전자 현미경(SEM)을 결합하여 원소 분포를 분석하고, 텅스텐-구리 비율과 불순물 함량을 평가하며, 재료 순도를 보장합니다. 전자 후방 산란 회절(EBSD)은 결정립 방향 및 계면 특성에 대한 정보를 제공하여 텅스텐-구리 결합 메커니즘을 밝힙니다.

실체현미경과 광학현미경은 저배율 관찰을 통해 거시적인 구조적 균질성과 표면 결함을 평가하는 데 사용됩니다. X선 컴퓨터단층촬영(CT)은 비파괴 내부 구조 검사에 사용되어 숨겨진 기포, 균열 또는 불균질 영역을 식별합니다. 기공률 분석은 수은 압입법이나 이미지 분석 소프트웨어를 사용하여 기공 분포와 연결성을 정량화합니다.

공정 제어를 위해 미시적 분석은 인공물(artifact)을 방지하기 위해 표준 시료 전처리 절차(예: 연마 및 에칭)를 사용해야 합니다. 미세 구조가 거시적 특성에 미치는 영향을 분석하기 위해 시험 결과를 물리적 및 기계적 특성과 결합해야 합니다. 비정상적인 구조(예: 구리 풀 또는 다공성)는 침투 또는 소결 공정의 결함으로 추적될 수 있으며, 이는 최적화의 기반을 제공합니다.

7.6 일반적으로 사용되는 국제 시험 표준 및 방법 비교

텅스텐 구리 막대의 국제 시험은 시험 결과의 비교 가능성과 신뢰성을 보장하기 위해 일련의 표준화된 규격을 따릅니다. 주요 국제 표준과 그 적용 범위를 비교한 내용은 다음과 같습니다.

1. ASTM 표준

- ASTM B702: 이 표준은 전기 접점 및 방열판 시험에 적합한 텅스텐-구리 복합 재료의 화학적 조성, 물리적 특성 및 기계적 특성에 대한 시험 방법을 규정합니다. 밀도, 전도도, 경도 및 인장 시험 사양을 포함하며, 일관된 시료 준비 및 시험 조건을 강조합니다.
- ASTM E8: 텅스텐 구리 막대의 강도 및 연성 시험에 적용되는 인장 시험 표준으로, 시편 크기와 하중 속도를 지정합니다.
- ASTM E384: 텅스텐 구리 막대의 경도를 평가하는 데 적합한 비커스 경도 시험 표준으로, 특히 압입자 선택과 하중 제어에 중점을 둡니다.

2. ISO 표준

- ISO 4499-2: 시멘트 카바이드에 대한 경도 시험 표준으로, 텅스텐 구리 막대에 부분적으로 적용 가능하며, 브리넬 경도와 비커스 경도의 측정 방법을 규정합니다.
- ISO 3369: 아르키메데스의 원리를 이용한 밀도 시험 표준으로, 텅스텐 구리 막대의 밀도 평가에 적합합니다.
- ISO 6892-1: 고온 및 실온에서의 기계적 특성 시험에 적용되는 금속 재료의 인장 시험 표준입니다.

3. 중국 국가 표준(GB/T)

- GB/T 3458-2006: 텅스텐 분말의 순도, 입자 크기 및 불순물 검출 방법을 명시한

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

텅스텐 분말의 기술적 조건으로, 텅스텐 구리 막대의 원자재 품질에 간접적으로 영향을 미칩니다.

- GB/T 8320-2017: 전도성, 내마모성, 아크 저항성에 대한 시험 요구 사항을 다루는 텅스텐-구리 합금 전기 접점 재료 표준.
- GB/T 26038-2020: 밀도, 열전도도 및 미세구조 분석 방법을 명시한 텅스텐 기반 복합재료 표준입니다.

4. 기타 표준

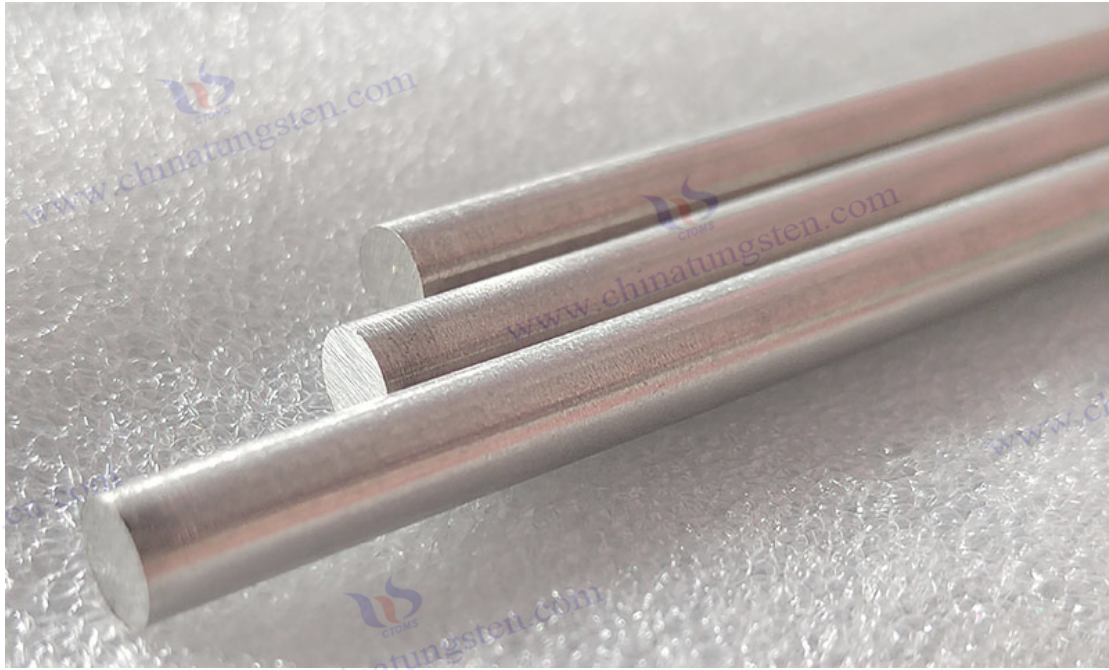
- JIS H 0502(일본): 텅스텐 구리 막대의 마찰 및 마모 성능을 평가하는 데 적용되는 금속 재료의 내마모성 시험 표준입니다.
- DIN EN 623-4(유럽): 텅스텐 구리 막대의 저항률 측정에 적용되는 전자 재료의 전기 전도도 시험 표준입니다.

방법 비교:

ASTM 표준은 전기 및 열 관리 응용 분야 시험에 더 중점을 두고 있으며, 전기 및 열 전도성을 강조합니다. ISO 표준은 더 일반적이며 다양한 금속 복합 재료에 적용 가능합니다. 중국 표준은 국가 상황에 맞춰 조정되며, 원자재 및 접촉 응용 분야에 대한 세부 규정을 포함합니다. 밀도 시험의 경우, 아르키메데스법(ASTM, ISO)이 간단하고 효율적이지만, X선 CT(GB/T)가 내부 기공을 검출하는 데 더 적합합니다. 기계적 시험의 경우, ASTM E8과 ISO 6892-1은 인장 시험 방법에서는 유사하지만, ISO는 고온 시험을 강조합니다. 미시적 분석의 경우, 주사전자현미경(SEM)과 XRD(X-ray Disc Resonance)가 핵심적인 국제적 방법이지만, ASTM 내에서는 EBSD가 더 널리 사용되고 있으며 계면 분석에 적합합니다.

공정 관리 시에는 적용 시나리오에 따라 적절한 표준을 선택해야 합니다. 예를 들어, 전기 접점에는 GB/T 8320이, 방열판 재료에는 ASTM B702가 권장됩니다. 시험 장비 교정 및 작업자 교육은 표준의 일관된 구현을 보장하는 데 매우 중요합니다. 여러 표준을 비교함으로써 시험 프로세스를 최적화하고 결과의 국제적 수용도를 높일 수 있습니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명



제8장 텅스텐 구리 막대의 표준 및 규격

고성능 복합 재료인 텅스텐 구리 막대의 성능 및 품질 요건은 전 세계적으로 엄격한 표준과 규정의 적용을 받습니다. 이러한 표준은 재료의 화학적 조성, 물리적 및 기계적 특성, 제조 공정 및 시험 방법을 포괄하여 전기, 전자, 항공우주 및 열 관리와 같은 응용 분야에서 제품의 신뢰성과 일관성을 보장합니다. 각 국가 및 지역의 표준 시스템은 산업 환경 및 응용 분야 요건에 따라 다르지만, 모두 텅스텐 구리 막대의 생산, 시험 및 응용 분야에 대한 통일된 기술 지침을 제공하는 것을 목표로 합니다. 이 장에서는 중국, 국제, 미국, 유럽 및 일본의 텅스텐 구리 막대 관련 표준을 체계적으로 설명하고, 각 표준의 요건, 적용 범위 및 차이점을 분석하며, 적용 가능성을 비교 평가합니다.

8.1 중국의 텅스텐 구리 막대에 대한 국가 및 산업 표준

중국의 국가 표준 및 산업 표준은 텅스텐 구리 막대의 생산 및 적용에 대한 상세한 기술 규격을 제공하며, 국내 산업 특성을 반영하여 원자재, 제조 공정, 성능 시험 및 품질 관리를 포괄합니다. 주요 관련 표준은 다음과 같습니다.

GB/T 3458-2006 텅스텐 분말 기술 요건: 이 표준은 텅스텐 분말의 화학 조성, 입자 크기 분포, 겉보기 밀도 및 불순물 함량을 규정합니다. 텅스텐 구리 막대 생산 시 원료 관리에 적용됩니다. 이 표준은 텅스텐 분말이 프레스 및 소결 공정에 적합하도록 최소 99.95%의 순도, 0.05 중량 % 미만의 산소 함량, 그리고 $1 \sim 5 \mu\text{m}$ 의 입자 크기를 요구합니다. 또한 불순물 분석을 위한 X선 형광(XRF) 분석 및 레이저 입자 크기 분석과 같은 시험 방법도 규정합니다.

GB/T 8320-2017 텅스텐-구리 합금 전기 접점 재료: 본 표준은 전기 접점 재료로

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

사용되는 텅스텐-구리 막대에 대해 특별히 제정되었으며, 화학 조성, 전도도, 내마모성 및 내아크성에 대한 요건을 다룹니다. 본 표준은 텅스텐 함량 범위 50~90 중량 %, 전도도 30% IACS 이상, 경도 범위 100~250HV를 규정합니다. 시험 방법으로는 4점 프로브 저항률 측정, 비커스 경도 시험, 아크 침식 시험 등이 있습니다. 본 표준은 고전압 스위치 및 회로 차단기 접점에 적용 가능합니다.

GB/T 26038-2020 텅스텐 기반 복합 재료 기술 요건: 본 표준은 텅스텐-구리 막대를 포함한 텅스텐 기반 복합 재료에 적용되며, 밀도(11.8-17.0 g/cm³), 열전도도(180-250 W/ m • K), 열팽창 계수(6-10×10⁻⁶/K)와 같은 성능 요건을 명시합니다. 또한, 미세 구조 분석 요건을 포함하여 텅스텐-구리 상의 균일한 분포와 심각한 기공의 부재를 강조합니다. 시험 방법으로는 아르키메데스 밀도 시험, 레이저 플래시 열전도도 시험, 주사 전자 현미경(SEM) 관찰 등이 있습니다.

YS/T 649-2016 비철금속 산업용 텅스텐-구리 합금 표준: 이 산업 표준은 텅스텐-구리 막대의 화학적 조성 및 가공성을 규정하며, 다양한 텅스텐-구리 비율(예: W70Cu30 및 W80Cu20)의 성능 매개변수를 명시합니다. 전극 및 방열판 응용 분야에 적합합니다. 이 표준은 표면 거칠기 Ra < 0.2 μm 및 치수 공차 ±0.01mm를 요구합니다. 또한 화학 분석 및 기계적 시험 방법도 규정합니다.

중국 표준은 실용성과 생산 운용성에 중점을 두고, 국내 텅스텐 자원의 장점을 고려하며, 원료 순도와 전기적 성능을 강조합니다. 전기 접점 및 열 관리에 적합합니다. 엄격한 공정 관리 요건과 상세한 시험 방법은 대량 생산에 대한 명확한 지침을 제공합니다.

8.2 텅스텐 구리 막대에 대한 국제 표준(ISO, ASTM, IEC 등)

국제 표준은 텅스텐 구리 막대의 세계 무역 및 적용에 대한 통일된 규격을 제공합니다. 국제 표준은 주로 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC) 등에서 제정하며, 재료 특성 및 시험 방법을 다룹니다.

ISO 4499-2:2020 초경합금 경도 시험: 이 표준은 주로 초경합금에 중점을 두고 있지만, 텅스텐-구리 막대의 경도 시험에도 부분적으로 적용됩니다. 비커스 경도 및 브리넬 경도 측정 방법을 명시하고, 5~100kgf의 시험 하중 범위를 요구하며, 정확한 압입 치수를 보장합니다. 또한 장비 교정 및 시험 표면 처리를 강조하여 텅스텐-구리 막대의 내마모성 평가에 적합합니다.

ISO 3369:2006 금속 재료의 밀도: 이 표준은 밀도 측정을 위한 아르키메데스법을 명시하며, 텅스텐-구리 막대의 밀도 평가에 적용됩니다. 측정 정확도를 보장하기 위해 시험액(예: 탈이온수)은 고순도여야 하며 20±0.5° C로 온도가 조절되어야 합니다. 이 표준은 침투 공정의 무결성을 검증하는 데 적합합니다.

ISO 6892-1:2019, 금속 재료의 인장 시험: 이 표준은 텅스텐 구리 막대의 인장 강도 및 연신율 시험에 적용 가능한 실온 및 고온에서의 인장 시험 방법을 규정합니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

시편은 표준 치수(예: 직경 6~12mm의 원통형 시편)와 0.5~2mm/분의 하중 속도를 준수해야 합니다. 이 표준은 기계적 응력 하에서 재료의 성능을 평가하는 데 적합합니다.

IEC 60468:1974 전기 접촉 재료 시험 방법: 이 표준은 전기 접촉 재료의 전기 전도도 및 아크 저항을 다루며, 스위치기어에 사용되는 텅스텐 구리 막대에 적용됩니다. 이 표준은 저항률 시험(4점 프로브법) 및 아크 침식 시험을 규정하며, 최소 30% IACS의 전기 전도도를 요구합니다. 아크 저항은 반복 시험을 통해 검증됩니다.

국제 표준은 여러 국가 간의 호환성을 강조하는 보편적인 표준입니다. 시험 방법은 과학적이고 엄격하여 수출 제품 및 고급 응용 분야에 적합합니다. ISO 표준은 재료 특성의 일반적인 시험에 중점을 두는 반면, IEC 표준은 전기적 성능에 중점을 두어 전 세계 전기 장비에서 텅스텐 구리 막대의 신뢰성을 보장합니다.

8.3 텅스텐 구리 막대에 대한 미국 표준(ASTM, ANSI, SAE)

미국 표준은 엄격하고 적용 지향적인 것으로 알려져 있습니다. 미국 재료 시험 협회(ASTM), 미국 국립 표준 협회(ANSI) 등에서 주로 제정되었으며, 북미 시장과 항공우주 분야에서 널리 사용되고 있습니다.

ASTM B702-93 (2019) 텅스텐-구리 복합 재료: 본 표준은 텅스텐-구리 복합 재료용으로 특별히 제정되었으며, 화학적 조성, 물리적 특성 및 기계적 특성에 대한 요건을 다룹니다. 텅스텐 함량 50~90 중량 %, 밀도 11.8~17.0g/cm³, 전기 전도도 30~50% IACS, 열전도도 180~250W/m·K 를 규정합니다. 시험 방법으로는 아르키메데스 밀도 시험, 4점 프로브 저항 시험, 레이저 플래시 열전도도 시험 등이 있습니다. 본 표준은 전기 접점 및 방열판 재료에 적용 가능합니다.

ASTM E8/E8M-21 금속 재료 인장 시험: 이 표준은 인장 시험을 위한 시료 준비, 시험 조건 및 데이터 처리 방법을 규정합니다. 텅스텐 구리 막대의 인장 강도(500~800 MPa) 및 연신율 시험에 적용됩니다. 시편 표면은 결함이 없어야 하며, 시험 온도는 23±2° C로 유지되어야 하고, 하중 속도는 0.015~0.05 mm/s이어야 합니다.

-ASTM E384-17 비커스 경도 시험: 이 표준은 텅스텐 구리 막대의 경도 시험에 적용됩니다. 하중 범위는 0.1~100 kgf 이며, 압입 측정 정확도는 ±0.5 μm 입니다. 정확한 결과를 얻으려면 시험 표면을 Ra < 0.1 μm 로 연마해야 합니다.

-ANSI C63.2-2016 전자파 적합성 시험: 이 표준은 주로 전자파 장비를 대상으로 하지만, 전극 재료인 텅스텐 구리 막대의 전도도 시험에도 부분적으로 적용되며, 낮은 저항률과 아크 저항성을 강조하며 레이더 및 통신 장비에 적합합니다.

미국 표준은 전기 및 열 관리 애플리케이션의 시험 요건에 중점을 두고, 상세한 시험 방법과 엄격한 장비 교정을 통해 고정밀 및 고급 시장에 적합합니다. ASTM 표준은 항공우주 및 전자 산업에서 널리 사용되며, 텅스텐 구리 막대가 까다로운 성능

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

요건을 충족하도록 보장합니다.

8.4 텅스텐 구리 막대에 대한 유럽 표준(EN, DIN, BS)

유럽 표준은 유럽 표준화 위원회(EN), 독일 산업 표준(DIN) 및 영국 표준 협회(BS)가 재료 성능과 환경 보호 요구 사항에 초점을 맞춰 제정했으며 EU 시장에서 텅스텐 구리 막대의 생산 및 적용에 적합합니다.

-EN 623-4:2004 전자 재료의 전기 전도도 시험: 이 표준은 텅스텐-구리 막대가 전극 및 접점으로 사용되는 응용 분야에 적용할 수 있는 금속 복합 재료의 저항률 시험 방법을 규정합니다. 이 시험은 4점 프로브 방식, 최소 30% IACS의 전도도, 그리고 20~25° C의 주변 온도를 요구합니다.

DIN EN ISO 6507-1:2018 비커스 경도 시험: ASTM E384와 유사하게, 이 표준은 텅스텐-구리 막대의 경도 시험에 적용됩니다. 0.2~100 kgf의 하중 범위를 지정하고, 높은 표면 평탄도와 $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 의 압입 측정 정확도를 요구합니다. 이 표준은 시험 반복성을 강조하며 내마모성 평가에 적합합니다.

EN ISO 6892-1:2019 금속 재료 인장 시험: 이 표준은 ISO 표준과 일치하며, 텅스텐 구리 막대의 인장 강도 및 신장 시험 방법을 규정합니다. 기계적 특성 평가에 적합합니다. 높은 시험 가공 정확도가 요구되며, 시험기 교정은 ISO 7500-1을 준수해야 합니다.

-BS EN 1011-1:2009 용접 재료 호환성: 이 표준 부분은 텅스텐 구리 막대 및 기타 금속의 용접 성능 시험에 적용되며, 인터페이스 접합 강도 및 내식성에 대한 시험 방법을 명시하고 있으며, 복합 구조 적용에 적합합니다.

유럽 표준은 환경 보호와 안전에 중점을 두고 있으며, 시험 방법은 국제 표준과 매우 호환되어 EU로 수출되는 텅스텐 구리 막대 제품에 적합합니다. DIN 및 EN 표준은 기계 및 전자 산업에서 널리 사용되며, 재료 성능의 신뢰성과 일관성을 강조합니다.

8.5 텅스텐 구리 막대에 대한 일본 표준(JIS)

일본 공업 규격(JIS)은 텅스텐 구리 막대의 생산 및 적용에 대한 기술 사양을 제공하며, 이는 일본 제조의 고정밀 요구 사항과 결합되어 전자 및 금형 산업에 적합합니다.

-JIS H 0502:1986 금속 재료의 내마모성 시험: 이 표준은 금형 또는 전극으로 사용되는 텅스텐 구리 막대의 내마모성을 평가하는 데 적용되는 마찰 및 마모 시험 방법을 규정합니다. 표준 연마재(예: 산화알루미늄)를 사용하고, 5~50N의 시험 하중을 적용하며, 질량 손실 또는 마모 흔적 깊이를 측정합니다.

-JIS Z 2241:2011 금속 재료의 인장 시험: 이 표준은 인장 시험을 위한 시료 준비 및 시험 조건을 규정합니다. 텅스텐 구리 막대의 인장 강도 및 연신율 시험에

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

적용됩니다. 시편 치수는 이 표준을 충족해야 하며, 하중 속도는 0.5~2mm/분이어야 합니다.

-JIS G 0557:2006 경도 시험 방법: 이 규격은 비커스 경도와 브리넬 경도 시험에 적용되며, 텅스텐 구리 막대의 경도 측정 공정을 규정하고 있으며, 시험 표면을 연마해야 하며, 하중 범위는 0.1~100 kgf 입니다.

-JIS C 2520:1999 전기용 구리 합금: 이 표준은 주로 구리 합금에 관한 것이지만, 부분적으로 텅스텐 구리 막대의 전도도 시험에도 적용되며, 저항률 측정 방법을 명시하고 전도도가 전기 접점 응용 분야의 요구 사항을 충족해야 한다고 규정합니다.

JIS 규격은 고정밀 제조 및 전자 응용 분야의 시험 요건에 중점을 둡니다. 간단하고 효율적인 시험 방법은 일본 시장의 정밀 가공 및 전자 산업에 매우 적합합니다. 또한 신뢰할 수 있는 시험 결과를 보장하기 위해 장비 교정 및 표준화된 작업을 강조합니다.

8.6 텅스텐 구리 막대 표준의 비교 및 적용성 분석

여러 국가 및 지역의 표준은 텅스텐 구리 막대의 성능 요건과 시험 방법에 있어 유사점과 차이점을 가지고 있습니다. 비교 분석은 적절한 사양을 선택하고 생산 및 적용을 최적화하는 데 도움이 됩니다.

공통점:

- 화학 성분: 모든 표준은 텅스텐 구리 막대의 높은 순도와 낮은 불순물 함량을 요구합니다. 예를 들어, GB/T 3458과 ASTM B702는 텅스텐의 순도가 99.95% 이상, 구리의 순도가 99.99% 이상이어야 한다고 규정합니다.
- 물리적 특성: 밀도, 전기 전도도, 열 전도도가 핵심 시험 항목입니다. ISO 3369, ASTM B702, GB/T 26038은 모두 아르키메데스법과 레이저 플래시법을 사용하며, 시험 범위는 유사합니다(밀도 11.8~17.0 g/cm³, 열 전도도 180~250 W/ m·K).
- 기계적 성질: 인장 시험과 경도 시험이 일반적인 요건입니다. ISO 6892-1, ASTM E8 및 JIS Z 2241은 시편 설계 및 하중 속도에 있어 매우 일관성이 있습니다.
- 시험 방법: SEM, XRD 및 4점 프로브 방법은 결과의 비교 가능성을 보장하기 위해 국제적으로 인정된 미세 구조 및 전도도 시험 방법입니다.

차이점:

- 초점: 중국 표준(GB/T 8320)은 전기적 접촉 성능을 강조하고, ASTM B702는 열 관리 및 항공우주 응용 분야에 중점을 두고, IEC 60468은 전기적 성능에 중점을 두고, JIS H 0502는 내마모성을 강조합니다.
- 시험 조건: ASTM 및 ISO 표준은 고온 시험에 대한 요건이 더 엄격합니다(예: 인장 시험 온도는 최대 1000° C까지 가능). 반면, 중국 표준은 상온 성능에 더 중점을 둡니다. JIS 표준은 표면 거칠기 요건이 더 높아(Ra < 0.1 μm) 정밀 가공에 적합합니다.
- 환경 보호 요구 사항: 유럽 표준(EN)은 재료의 환경 적합성과 재활용성을 강조하고

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

유해 물질에 대한 제한을 규정하는 반면, 다른 표준은 그다지 관련성이 낮습니다.

- 적용 범위: ASTM 및 ISO 규격은 국제 무역에 더 적합하고, GB/T 규격은 국내 대량 생산에 적합하며, JIS 규격은 고정밀 전자 응용 분야에 적합합니다.

적용성 분석:

- 전기 접점: GB/T 8320 또는 IEC 60468을 권장하며, 전도성과 아크 저항에 중점을 두고 있으며 고전압 스위치 및 회로 차단기에 적합합니다.

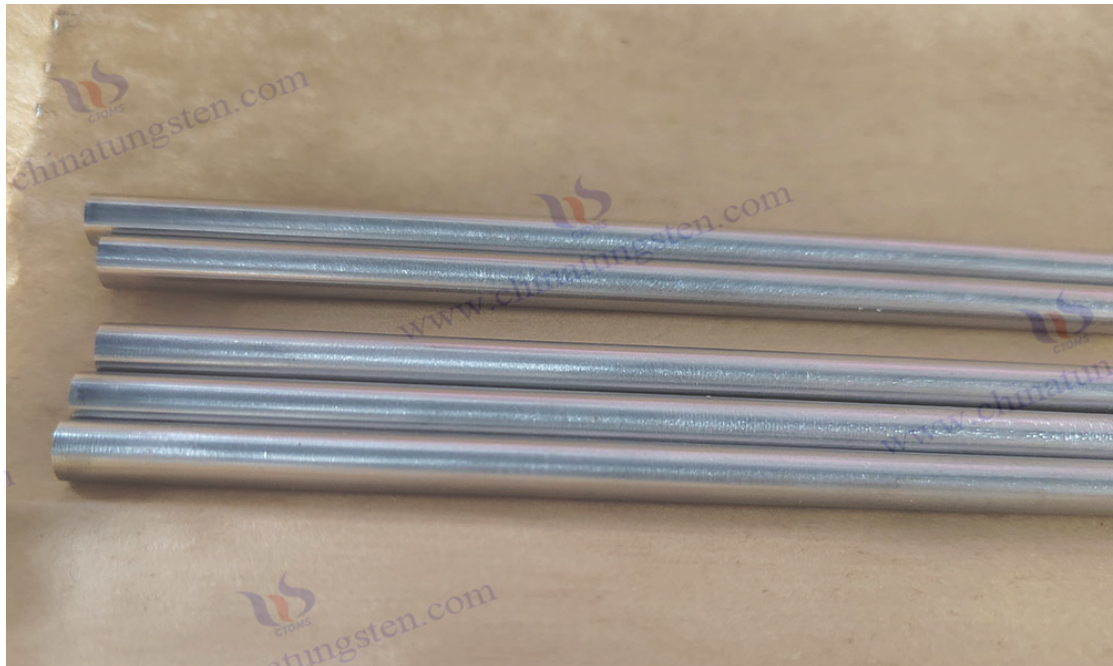
- 방열판 재료: ASTM B702 및 GB/T 26038이 더욱 적용 가능하며, 열전도도와 열팽창 계수의 일치를 강조하여 마이크로 전자 패키징에 적합합니다.

- 금형 제작: JIS H 0502 및 DIN EN ISO 6507-1이 선호되며, 내마모성 과 경도에 중점을 두고 있으며 EDM 및 스탬핑 다이에 적합합니다.

- 항공우주: ASTM B702 및 EN 623-4가 적합하며, 고온 강도와 호환성을 강조하고 로켓 노즐 및 균형추 구성품에 적합합니다.

- 국제 무역: ISO 및 ASTM 표준은 보다 보편적이며 국경 간 인증 및 시장 접근을 용이하게 합니다.

실제로 제조업체는 목표 시장과 적용 시나리오에 따라 표준을 선택하고, 여러 표준을 통합하여 프로세스를 최적화해야 합니다. 예를 들어, EU로 수출되는 텅스텐 구리 막대는 EN 표준의 환경 요건을 준수해야 하는 반면, 국내 전기 접점은 GB/T 8320를 우선시합니다. 교차 표준 테스트는 제품 경쟁력을 강화할 수 있지만, 비교 가능한 결과를 보장하기 위해서는 일관된 장비 교정 및 테스트 조건에 주의를 기울여야 합니다.



저작권 및 법적 책임에 대한 성명

CTIA GROUP LTD
Tungsten Copper Rod Introduction

1. Overview of Tungsten Copper Rod

Tungsten copper rod is composite materials produced by infiltrating high-purity tungsten powder with copper through a vacuum infiltration process. It possesses a unique microstructure that combines the high strength and high melting point of tungsten with the excellent electrical and thermal conductivity of copper. This results in a high-performance material with outstanding thermal stability, wear resistance, and electrical conductivity.

2. Characteristics of Tungsten Copper Rod

High Thermal Conductivity: The excellent thermal conductivity of copper ensures rapid heat dissipation, making it suitable for high-power devices and laser systems.

High Strength and High-Temperature Resistance: The stable mechanical properties of tungsten allow the material to remain reliable under extreme high-temperature conditions.

Resistance to Arc Erosion: The tungsten-copper composite structure provides exceptional resistance to arc erosion in electrical applications, significantly extending electrode service life.

Low Thermal Expansion Coefficient: Effectively reduces thermal stress and improves structural stability.

Excellent Machinability: Can be precisely fabricated into electrodes, heat sinks, or complex parts to meet diversified application requirements.

3. Performance Parameters of Tungsten Copper Rod

Product Name	Chemical Composition (%)		Physical and Mechanical Properties			
	Impurities ≤	W	Density (g/cm³)	Hardness (HB)	Resistivity (mΩ • cm)	Tensile Strength (MPa)
W50Cu	0.5	Balance	11.85	115	3.2	—
W60Cu	0.5	Balance	12.75	140	3.7	—
W70Cu	0.5	Balance	13.8	175	4.1	790
W80Cu	0.5	Balance	15.15	220	5	980
W90Cu	0.5	Balance	16.75	260	6.5	1160

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: tungsten-copper.com

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

제9장: 텅스텐 구리 막대의 성능 최적화

고성능 복합 재료인 텅스텐 구리 막대는 뛰어난 전기 및 열 전도성, 고강도, 고온 저항성으로 인해 전자, 항공우주, 발전 산업 등에서 널리 사용됩니다. 그러나 용도에 따라 텅스텐 구리 막대의 성능은 서로 다릅니다. 따라서 합금 비율, 열처리 공정, 미세 구조, 내마모성 및 내부식성을 최적화하면 특정 환경에서 성능을 크게 향상시킬 수 있습니다. 이 장에서는 이러한 최적화 기법의 원리, 방법 및 실제 효과를 자세히 살펴보겠습니다.

9.1 합금 비율이 특성에 미치는 영향

텅스텐 구리 막대는 분말 야금법을 통해 텅스텐(W)과 구리(Cu)로 만들어집니다. 텅스텐과 구리의 비율에 따라 특성이 직접적으로 영향을 받습니다. 텅스텐 함량은 일반적으로 50%에서 90% 사이이며, 구리 함량은 이에 따라 달라집니다. 텅스텐과 구리의 비율은 재료의 물리적, 기계적, 열적 특성에 상당한 영향을 미칩니다.

9.1.1 텅스텐-구리 비율 및 전기 및 열 전도도

구리는 우수한 전기 및 열 전도체인 반면 텅스텐은 전기 및 열 전도도가 낮습니다. 텅스텐 구리 막대의 전기 및 열 전도도는 구리 함량이 증가함에 따라 크게 증가합니다. 예를 들어, 30% Cu 함량의 텅스텐 구리 막대(W70Cu30)는 약 45% IACS(International Annealed Copper Standard)의 전기 전도도를 가지지만 10% Cu 함량(W90Cu10)에서는 전도도가 약 20% IACS로 떨어집니다. 열 전도도도 비슷한 경향을 보이며 W70Cu30은 약 $200 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ 에 도달하고 W90Cu10은 약 $150 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ 로 떨어집니다. 따라서 전자 패키징 및 전극 재료와 같이 높은 전기 및 열 전도도가 필요한 응용 분야에는 구리 함량이 높은 텅스텐 구리 막대가 종종 선택됩니다.

9.1.2 텅스텐-구리 비율 및 기계적 특성

텅스텐은 높은 경도와 밀도(19.25 g/cm^3)를 갖는 반면, 구리는 낮은 경도(브리넬 경도 약 50 HB)를 갖습니다. 텅스텐 함량을 높이면 텅스텐 구리 막대의 경도, 압축 강도 및 내마모성이 크게 향상됩니다. 예를 들어, W80Cu20은 200 HB 이상의 경도에 도달할 수 있는 반면, W60Cu40은 약 120 HB의 경도를 갖습니다. 그러나 구리 함량을 높이면 재료의 인성과 내충격성이 향상됩니다. 따라서 높은 경도와 내마모성이 요구되는 응용 분야(예: 금형 소재)에서는 높은 텅스텐 함량이 바람직하며, 일정 수준의 인성이 요구되는 응용 분야(예: 전기 접점)에서는 구리 함량을 적절히 높이는 것이 좋습니다.

9.1.3 텅스텐 대 구리 비율 및 열팽창 계수

텅스텐은 열팽창 계수가 낮지만(약 $4.5 \times 10^{-6} / \text{K}$), 구리는 열팽창 계수가 높습니다(약 $16.5 \times 10^{-6} / \text{K}$). 텅스텐-구리 막대의 열팽창 계수는 구리 함량이 증가함에 따라 증가합니다. 예를 들어, W80Cu20은 열팽창 계수가 약 $8.0 \times 10^{-6} / \text{K}$ 로, 전자 패키징용 세라믹 또는 반도체 소재(예: SiC, AlN)와 매칭하기에 적합합니다. 텅스텐-구리 비율을 최적화하면 고온 환경에서 치수 안정성을 보장하고 열 응력으로 인한 고장을 줄일 수 있습니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

9.1.4 최적화 전략

수요 중심 비율 선택: 적용 분야 요구 사항에 따라 적절한 텅스텐-구리 비율을 선택하십시오. 예를 들어, 전자 패키징의 경우 열전도도와 열팽창의 균형을 맞추기 위해 W70Cu30 또는 W75Cu25가 선호됩니다. EDM 전극의 경우 높은 경도와 내마모성을 보장하기 위해 W80Cu20을 선택합니다.

미량 원소 도핑: 은(Ag)이나 니켈(Ni)과 같은 미량 원소를 첨가하면 전도도나 기계적 특성을 더욱 최적화할 수 있지만, 고온 저항이 감소하지 않도록 도핑 양을 제어하는 데 주의해야 합니다.

공정 시너지 최적화: 합금 비율의 최적화는 후속 소결 및 열처리 공정과 결합되어 재료 특성의 균일성과 안정성을 보장해야 합니다.

9.2 열처리 및 성능 향상

열처리는 텅스텐 구리 막대의 성능을 향상시키는 중요한 수단입니다. 가열, 절연 및 냉각 공정을 제어함으로써 재료의 미세 구조를 개선하고, 내부 응력을 제거하며, 성능을 향상시킬 수 있습니다.

9.2.1 어닐링

일반적으로 불활성 분위기(질소 또는 아르곤 등)에서 800° C에서 1000° C까지 어닐링(annealing)을 수행하면 분말 야금 공정 중 발생하는 내부 응력을 제거하고 재료의 연성을 향상시킵니다. 예를 들어, W80Cu20 텅스텐 구리 막대를 900° C에서 2시간 동안 어닐링하면 인장 강도가 600MPa에서 650MPa로 증가하고 연성도 약 10% 증가합니다. 또한, 어닐링은 구리 상의 균일성을 개선하여 전기 및 열 전도성을 향상시킵니다.

9.2.2 용액처리 및 시효처리

미량 첨가제가 포함된 텅스텐 구리 막대의 경우, 용체화 처리(1000° C 이상으로 급속 가열 후 담금질)와 시효 처리(400° C에서 600° C까지 수 시간 동안 유지)를 병행할 수 있습니다. 용체화 처리는 니켈과 같은 첨가제를 매트릭스 전체에 고르게 분산시키는 반면, 시효 처리는 석출상 형성을 촉진하여 경도와 강도를 증가시킵니다. 예를 들어, 니켈을 0.5% 첨가한 W75Cu25는 용체화 처리 후 경도를 15% 높이고 내마모성을 크게 향상시킬 수 있습니다.

9.2.3 열간 등압 성형(HIP)

열간 등압 성형(HIP)은 고온, 고압(약 1000° C, 100 MPa) 공정으로, 텅스텐 구리 막대 내부의 기공률을 크게 줄이고 밀도를 증가시킵니다. 예를 들어, HIP 처리는 W80Cu20의 밀도를 95%에서 99% 이상으로 높이는 동시에 열전도도를 약 10%, 압축 강도를 약 20% 증가시킬 수 있습니다. HIP는 특히 고성능 전자 패키징 소재 생산에 적합합니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

9.2.4 참고사항

온도 제어: 열처리 온도가 지나치게 높으면 구리 상이 녹거나 휘발되어 재료의 특성이 저하될 수 있습니다. 따라서 온도와 유지 시간을 정밀하게 제어해야 합니다.

분위기 보호: 열처리 중에는 산화를 방지하기 위해 불활성 또는 환원성 분위기(수소 등)가 필요합니다.

공정 비용: HIP와 같은 고급 열처리 공정은 비교적 비용이 많이 들며, 적용 요구 사항에 따라 비용과 성능을 고려해야 합니다.

9.3 미세구조와 특성의 관계

텅스텐 구리 막대의 성능은 텅스텐 입자의 크기와 분포, 구리 상의 연속성, 계면 결합 상태를 포함한 미세 구조와 밀접한 관련이 있습니다.

9.3.1 텅스텐 입자 크기 및 분포

10 μm 입니다. 입자가 미세할수록 재료의 강도와 인성은 향상되지만, 전기 및 열 전도도는 약간 감소합니다. 텅스텐 입자 크기는 분말 야금 공정에서 분말 크기와 소결 조건을 제어하여 최적화할 수 있습니다. 예를 들어, 1 μm 초미립 텅스텐 분말을 사용하여 생산된 W70Cu30은 700MPa의 인장 강도를 달성할 수 있으며, 이는 5 μm 텅스텐 분말을 사용하여 생산된 재료보다 약 15% 더 높습니다.

9.3.2 미세구조와 특성의 관계

구리상은 텅스텐 구리 막대 내부에 연속적인 네트워크를 형성하여 전기 및 열 전도도에 직접적인 영향을 미칩니다. 소결 온도와 압력은 구리 상의 연속성에 영향을 미치는 주요 요인입니다. 예를 들어, 1350°C에서 소결된 W75Cu25는 더욱 균일한 구리 상 네트워크를 형성하여 전기 전도도를 약 8% 증가시킵니다. 또한, 액상 소결은 구리 침투를 촉진하고 계면 결합을 강화하지만, 구리 상 손실을 초래할 수 있는 과열 소결은 피해야 합니다.

9.3.3 인터페이스 본딩 상태

텅스텐-구리 계면의 품질은 재료 성능에 매우 중요합니다. 계면 결합(기공이나 균열 등)은 열전도도와 기계적 강도를 저하시킬 수 있습니다. 소결 공정을 최적화하면(진공 소결 또는 미량의 계면활성제 첨가 등) 계면 결합력을 향상시킬 수 있습니다. 예를 들어, 0.1%의 Co를 첨가하면 텅스텐-구리 계면의 젖음성이 향상되고, 계면 저항이 감소하며, 열전도도가 약 5% 증가합니다.

9.3.4 미세구조 분석 기술

주사전자현미경(SEM): 텅스텐 입자 분포와 구리 상 네트워크를 관찰하는 데 사용됩니다.

X선 회절(XRD): 결정 구조와 상 구성을 분석합니다.

전자 후방 산란 회절(EBSD): 계면 결합과 결정립 방향을 연구합니다.

이러한 기술을 통해 미세구조가 성능에 미치는 영향을 정확하게 평가하여 공정 최적화의 기반을 제공할 수 있습니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

9.4 마모 및 부식 저항성 최적화

텅스텐 구리 막대는 고온, 고압 또는 부식성 환경에서 우수한 내마모성 및 내부식성을 가져야 하는 경우가 많습니다. 이러한 특성을 최적화하면 재료의 수명을 연장하고 신뢰성을 향상시킬 수 있습니다.

9.4.1 내마모성 최적화

텅스텐은 높은 경도로 인해 내마모성이 우수하지만, 구리 상은 부드러워 마찰이 심한 환경에서는 마모가 더 심해질 수 있습니다. 최적화 전략은 다음과 같습니다.

텅스텐 함량 증가: W85Cu15는 W70Cu30보다 내마모성이 우수하고 EDM 전극에 적합합니다.

표면 강화: 이온 질화 또는 레이저 표면 클래딩은 단단한 표면층(예: WC 또는 TiN)을 생성할 수 있으며, 이는 내마모성을 2~3배 증가시킬 수 있습니다.

경질상 첨가 : 텅스텐 구리봉에 소량의 텅스텐 카바이드(W)나 알루미늄 산화물(Al_2O_3)을 첨가하면 내마모성을 크게 향상시킬 수 있으나, 전도도가 저하되지 않도록 주의해야 한다 .

9.4.2 내식성 최적화

텅스텐 구리 막대는 습기나 산성 환경에서 구리 상(phase)의 부식으로 인해 파손될 수 있습니다. 최적화 방법은 다음과 같습니다.

표면 코팅: 전기 도금 니켈이나 화학 기상 증착(CVD)을 사용하여 부식 방지 층(CrN 또는 DLC 등)을 적용하여 구리 상의 전기 화학적 부식을 효과적으로 방지합니다.

합금화: 미량의 은이나 크롬을 첨가하면 구리 상의 내식성을 향상시킬 수 있습니다.

예를 들어, 염수 분무 시험에서 W75Cu24Ag1의 내식성 시간이 약 30% 연장됩니다.

미세구조 최적화: 밀도를 높이고 다공성을 줄임으로써 부식성 매체의 침투 경로를 줄여서 내식성을 향상시킬 수 있습니다.

9.4.3 포괄적 최적화 사례

항공우주 분야에서는 텅스텐 구리 막대가 고온 전기 접점에 자주 사용됩니다. W80Cu20 비율, HIP 처리 및 표면 CrN 코팅을 적용하면 다음과 같은 성능 향상을 달성할 수 있습니다.

내마모성: 마찰계수는 20% 감소하고, 마모는 50% 감소합니다.

내식성: 고온 다습한 환경에서도 사용 수명이 2배 연장됩니다.

전도도: 40% IACS 이상으로 유지되어 전기적 성능 요구 사항을 충족합니다.

9.4.4 참고사항

성능 균형: 마모 및 내부식성을 최적화하면 전기 전도도가 감소할 수 있으므로, 응용 프로그램 요구 사항에 따라 이를 고려해야 합니다.

비용 관리: 표면 코팅 및 첨가 공정은 비용이 많이 들기 때문에 경제적 타당성을 평가해야 합니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

환경 적응성: 다양한 부식성 환경(산성, 알칼리성 또는 고온 등)에는 목표에 맞는 최적화 솔루션이 필요합니다.

요약하다

합금 비율, 열처리 공정, 미세 구조, 내마모성 및 내식성을 최적화함으로써 텅스텐 구리 막대는 다양한 응용 분야 요건을 충족할 수 있습니다. 합금 비율을 조정하려면 전기 전도도, 열 전도도, 그리고 기계적 특성의 균형을 맞춰야 합니다. 열처리 공정은 밀도와 강도를 크게 향상시킬 수 있으며, 미세 구조 최적화는 성능 향상의 기반이 됩니다. 내마모성 및 내식성 향상은 소재의 사용 수명을 연장합니다. 실제 적용에서는 성능 요건, 공정 비용, 그리고 환경 요인을 종합적으로 고려하여 최적의 최적화 솔루션을 선택해야 합니다.



제10장 텅스텐 구리 막대 선택 및 사용 가이드

고성능 복합 소재인 텅스텐 구리 막대는 전자, 항공우주, 발전, 금형 제작 등 다양한 산업에서 널리 사용됩니다. 텅스텐 구리 막대의 성능은 최종 제품의 품질과 수명에 직접적인 영향을 미칩니다. 텅스텐 구리 막대의 완벽한 성능을 보장하려면 적절한 텅스텐 구리 막대를 선택하고, 안전하게 보관 및 운송하며, 적절하게 사용하고 유지 관리하며, 사용 중 발생하는 일반적인 문제를 효과적으로 해결하는 것이 중요합니다.

10.1 올바른 텅스텐 구리 막대를 선택하는 방법

적합한 텅스텐 구리 막대를 선택하려면 적용 시나리오, 성능 요구 사항, 비용 예산, 공급업체 신뢰성 등을 종합적으로 고려해야 합니다. 다음은 다양한 관점에서 제품을 선택하는 방법을 자세히 설명합니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

10.1.1 애플리케이션 시나리오 및 성능 요구 사항 명확히 하기

텅스텐 구리 막대의 성능은 텅스텐-구리 비율, 제조 공정 및 후속 처리의 영향을 받습니다. 다양한 적용 시나리오의 성능 요구 사항은 크게 다릅니다. 다음은 일반적인 적용 시나리오와 권장 텅스텐 구리 막대 사양입니다.

전자 패키징은 높은 전기 및 열 전도성을 요구하는 동시에 세라믹이나 반도체 소재의 열팽창 계수와 일치해야 합니다. 권장 소재로는 약 40~45% IACS의 전도도, 약 $7.5 \sim 8.5 \times 10^{-6} / K$ 의 열팽창 계수, 그리고 약 $190 \sim 200 W / (m \cdot K)$ 의 열전도도를 가진 W70Cu30 또는 W75Cu25가 있습니다. 이러한 사양은 전력 모듈, 마이크로파 장치, 칩 방열판에 적합합니다.

방전 가공(EDM)용 전극: 이 전극은 아크 침식에 견디기 위해 높은 경도, 내마모성, 그리고 고온 내성이 요구됩니다. 권장 전극으로는 200 HB 이상의 경도와 뛰어난 내마모성을 제공하는 W80Cu20 또는 W85Cu15가 있으며, 이는 복잡한 금형 가공에 적합합니다.

전기 접점: 전기 전도성과 아크 침식 저항성의 균형이 필요하며, 기계적 충격을 견딜 수 있는 일정 수준의 인성도 유지해야 합니다. 전기 전도성(약 40% IACS)과 인장 강도(약 650 MPa)를 모두 갖춘 W75Cu25가 권장 됩니다.

항공우주 부품: 고온 강도와 낮은 열팽창 계수가 요구됩니다. 열팽창 계수가 $6.5 \times 10^{-6} / K$ 로 낮은 W90Cu10이 권장되며, 고온 환경의 노즐 또는 커넥터에 적합합니다.

의료 장비: 높은 밀도와 내마모성이 요구되는 X선 타겟 등. 밀도가 약 $15.5 g/cm^3$ 이고 내마모성이 우수한 W80Cu20이 권장됩니다.

선택할 때 사용자는 다음 매개변수를 지정해야 합니다.

전기 및 열 전도성 요구 사항: 전기 및 열 관리 요구 사항에 따라 구리 함량이 높은 재료를 선택하세요.

기계적 특성: 경도, 강도, 인성을 우선시합니다.

열팽창 일치: 열 응력으로 인한 파손을 방지하기 위해 열팽창 계수가 인접 재료와 유사한지 확인합니다.

크기 및 모양: 막대의 직경, 길이 및 가공 정확도가 설계 요구 사항을 충족하는지 확인하세요.

10.1.2 텅스텐 구리 막대의 사양 및 표준을 이해하십시오.

텅스텐 구리 막대는 일반적으로 텅스텐 함량(예: W70Cu30, W80Cu20)에 따라 분류됩니다. 일반적인 직경은 3~100mm, 길이는 100~300mm입니다. 공급업체에서 제공하는 제품 카탈로그를 기반으로 구체적인 사양을 선택해야 합니다. 국제 표준(예: ASTM B702)과 국내 표준(예: GB/T 8320)은 텅스텐 구리 막대의 화학적 조성, 밀도, 전도도 및 기계적 특성에 대한 명확한 요건을 제시합니다. 예를 들면 다음과 같습니다.

W70Cu30: 밀도는 약 $13.8 \sim 14.2 g/cm^3$ 이고 전도도는 약 40~45% IACS입니다.

W80Cu20: 밀도는 약 $15.1 \sim 15.5 g/cm^3$, 경도는 약 200~220 HB입니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

사용자는 제품 적합성을 보장하기 위해 공급업체에 재료 시험 보고서를 요청해야 합니다. 또한, 정밀 가공 요건을 충족하기 위해 공차 요건(예: 직경 공차 $\pm 0.05\text{mm}$)에도 주의를 기울여야 합니다.

10.1.3 공급업체 신뢰성 평가

신뢰할 수 있는 공급업체를 선택하는 것은 텅스텐 구리 막대의 품질을 보장하는 데 매우 중요합니다. 공급업체를 평가하는 주요 기준은 다음과 같습니다.

생산 능력: 공급업체가 진공소결로나 열간등방압성형(HIP) 장비 등 첨단 분말야금 장비 및 열처리 시설을 보유하고 있는지 확인하세요.

품질 인증: ISO 9001 또는 항공우주 분야의 AS9100과 같은 업계별 인증을 취득한 공급업체가 우선적으로 고려됩니다.

공급 능력: 공급업체의 재고 수준과 납품 주기를 평가하여 프로젝트 일정이 준수되는지 확인합니다.

기술 지원: 우수한 공급업체는 재료 선택에 대한 조언, 맞춤형 처리, 애프터 서비스를 제공해야 합니다.

가격과 비용 효율성: 품질을 보장한다는 전제 하에 여러 공급업체의 견적을 비교하고 비용 효율성이 가장 좋은 공급업체를 선택하세요.

현장 검사, 샘플 테스트 또는 고객 리뷰 검토를 통해 공급업체의 신뢰성을 확인하는 것이 좋습니다. 예를 들어, 공급업체에 전도도 및 경도 테스트를 위한 W80Cu20 샘플을 제공해 달라고 요청할 수 있습니다.

10.1.4 맞춤형 요구 사항

특수 용도의 경우, 특정 직경, 표면 코팅 또는 미량 원소 도핑 등 맞춤형 텅스텐 구리 막대가 필요할 수 있습니다. 맞춤 제작 시에는 다음 요건을 명시해야 합니다.

맞춤형 크기: 직경 50mm, 길이 500mm 등 비표준 사양입니다.

표면 처리: 내식성이나 표면 마감을 개선하기 위해 니켈 도금이나 연마와 같은 처리입니다.

첨가제: 강도를 높이기 위해 0.5% Ni를 첨가하거나, 전도성을 개선하기 위해 Ag를 첨가하는 등.

맞춤 제작에는 공급업체와 공정 매개변수에 대한 협상이 필요한 경우가 많으며, 이로 인해 비용과 납기가 증가할 수 있습니다. 성과 지표와 승인 기준은 계약서에 명확하게 정의하는 것이 좋습니다.

10.1.5 비용 및 성능 균형

텅스텐 구리 막대의 가격은 텅스텐 함량에 따라 상승합니다. 예를 들어, W90Cu10은 W70Cu30보다 30~50% 더 비쌀 수 있습니다. 또한, 열간 등방성 소결(HIP)이나 표면 코팅과 같은 공정은 비용을 더욱 증가시킬 수 있습니다. 사용자는 예산과 성능 요구

사항에 따라 적절한 사양을 선택해야 합니다. 예를 들어, 예산이 한정된 경우 내마모성이 덜 중요한 응용 분야에서는 W80Cu20 대신 W75Cu25를 선택할 수 있습니다.

10.1.6 구매 프로세스 권장 사항

수요 분석: 적용 시나리오와 성능 요구 사항을 명확히 하고 주요 매개변수(전도도 및 경도 등)를 나열합니다.

시장 조사: 여러 공급업체로부터 견적과 제품 정보를 수집하고 사양과 품질을 비교합니다.

샘플 테스트: 성능 테스트를 위해 소량의 샘플을 구매하여 요구 사항을 충족하는지 확인하세요.

계약서 체결: 사양, 수량, 납품 기간 및 품질 기준을 명확히 합니다.

승인 및 피드백: 상품을 수령한 후, 품질 검사를 실시하고, 성과 데이터를 기록하며, 개선 사항을 공급업체에 전달합니다.

10.2 보관 및 운송 시 주의사항

텅스텐 구리 막대의 보관 및 운송은 성능과 수명에 직접적인 영향을 미칩니다. 다음은 보관 환경, 포장 요건 및 운송 시 주의사항에 대한 자세한 설명입니다.

10.2.1 저장 환경

텅스텐 구리 막대의 구리상은 습기, 산화 또는 부식성 환경의 영향을 받기 쉽기 때문에 보관 환경을 엄격하게 제어해야 합니다.

온도 및 습도: 보관 환경은 15~25°C의 온도와 60% 미만의 상대 습도를 유지해야 합니다. 고온 다습하면 구리 상 산화가 발생하여 산화구리 (CuO)가 생성되어 전도도가 저하될 수 있습니다.

건조 및 방습: 보관 장소에 건조제(예: 실리카겔)를 넣거나 밀봉 포장하는 것이 좋습니다. 장기 보관 시에는 텅스텐 구리 막대를 진공 밀봉 백에 넣어 보관할 수 있습니다.

화학적 부식 방지: 구리의 전기화학적 부식을 방지하기 위해 산성, 알칼리성 또는 염분이 있는 물질과 멀리 보관하십시오. 예를 들어, 바닷가에 있는 창고는 염분 분무의 영향에 특히 주의해야 합니다.

먼지 방지 및 세척: 보관 환경은 먼지나 입자가 막대 표면에 달라붙어 후속 처리 정확도에 영향을 미치지 않도록 깨끗해야 합니다.

장기간 보관된 텅스텐 구리 막대의 경우, 6개월마다 표면 상태를 점검하고, 필요한 경우 세척 및 재포장하는 것이 좋습니다.

10.2.2 패키징 요구 사항

텅스텐 구리 막대는 밀도가 높으며(13~17 g/cm³) 부서지기 쉽고 충돌 시 쉽게 손상됩니다. 포장 시 다음 사항에 유의해야 합니다.

보호 재료: 막대가 서로 직접 닿지 않도록 폼 플라스틱, 버블 필름 또는 나무 상자를

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

사용하세요. 각 막대를 개별적으로 포장하는 것이 좋습니다.

산화방지 포장: 포장재에 방습제를 넣거나 진공 밀봉을 하여 구리의 산화를 방지합니다.

명확한 라벨링: 포장에는 텅스텐-구리 비율(예: W80Cu20), 사양(직경, 길이), 배치 번호 및 보관 주의 사항이 명확하게 표시되어 있어 쉽게 관리하고 추적할 수 있습니다.

압축 방지 설계: 대용량 운송의 경우, 막대가 쌓일 때 눌리지 않도록 압축 방지 나무 상자나 금속 프레임을 사용하세요.

10.2.3 운송 시 주의사항

운송 중 텅스텐 구리 막대는 진동, 충돌 및 환경 변화로부터 보호되어야 합니다.

진동 방지 조치: 충격 흡수 패드나 스프링 고정 장치를 사용하여 운송 중에 막대가 움직이지 않도록 합니다.

온도 관리: 열 응력이나 저온 취성을 방지하기 위해 극도로 높은 온도(>50° C) 또는 매우 낮은 온도(<-10° C) 환경에서의 운송은 피하십시오.

운송 수단: 단거리 운송에는 도로 운송이 적합하며, 장거리 또는 국제 운송에는 해상 운송이나 항공 운송이 권장됩니다. 포장이 국제 운송 표준(예: ISTA)을 준수하는지 확인하십시오.

운송 보험: 고가의 텅스텐 구리 막대의 경우 손실 위험을 줄이기 위해 운송 보험에 가입하는 것이 좋습니다.

접수 절차: 수령 시 포장의 무결성을 점검하고, 사양과 수량을 검증하며, 손상이나 산화가 발견되면 적시에 공급업체에 연락합니다.

10.2.4 특수 시나리오에서의 보관 및 운송

항공우주용 텅스텐 구리 막대: 먼지가 없는 작업장에 보관하고, 정전기 방지 재료로 포장하고, 일정한 온도와 습도가 유지되는 용기에 담아 운반해야 합니다.

의료 기기용 텅스텐 구리 막대: 오염을 방지하기 위해 보관 및 운송은 의료 기기 표준(예: ISO 13485)을 준수해야 합니다.

고온 환경에서의 운송: 열대 지역으로 운송하는 경우 추가적인 단열 및 방습 조치가 필요합니다.

표준화된 보관 및 운송 관리를 통해 텅스텐 구리 막대의 저장 수명을 효과적으로 연장할 수 있으며, 성능이 손상되지 않도록 보장할 수 있습니다.

10.3 사용 중 유지관리 및 관리

텅스텐 구리 막대는 성능 유지 및 수명 연장을 위해 사용 중 정기적인 유지관리 및 관리가 필요합니다. 다음은 가공, 작동 및 보관의 세 단계에 대한 자세한 지침입니다.

10.3.1 처리 중 유지 관리

텅스텐 구리 막대는 종종 선삭, 밀링, 드릴링 또는 방전 가공이 필요합니다. 가공 중 다음 사항에 주의해야 합니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

CTIA GROUP LTD
Tungsten Copper Rod Introduction

1. Overview of Tungsten Copper Rod

Tungsten copper rod is composite materials produced by infiltrating high-purity tungsten powder with copper through a vacuum infiltration process. It possesses a unique microstructure that combines the high strength and high melting point of tungsten with the excellent electrical and thermal conductivity of copper. This results in a high-performance material with outstanding thermal stability, wear resistance, and electrical conductivity.

2. Characteristics of Tungsten Copper Rod

High Thermal Conductivity: The excellent thermal conductivity of copper ensures rapid heat dissipation, making it suitable for high-power devices and laser systems.

High Strength and High-Temperature Resistance: The stable mechanical properties of tungsten allow the material to remain reliable under extreme high-temperature conditions.

Resistance to Arc Erosion: The tungsten-copper composite structure provides exceptional resistance to arc erosion in electrical applications, significantly extending electrode service life.

Low Thermal Expansion Coefficient: Effectively reduces thermal stress and improves structural stability.

Excellent Machinability: Can be precisely fabricated into electrodes, heat sinks, or complex parts to meet diversified application requirements.

3. Performance Parameters of Tungsten Copper Rod

Product Name	Chemical Composition (%)		Physical and Mechanical Properties			
	Impurities ≤	W	Density (g/cm³)	Hardness (HB)	Resistivity (mΩ • cm)	Tensile Strength (MPa)
W50Cu	0.5	Balance	11.85	115	3.2	—
W60Cu	0.5	Balance	12.75	140	3.7	—
W70Cu	0.5	Balance	13.8	175	4.1	790
W80Cu	0.5	Balance	15.15	220	5	980
W90Cu	0.5	Balance	16.75	260	6.5	1160

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: tungsten-copper.com

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

공구 선택: 일반 강철 공구의 경도 부족으로 인한 마모를 방지하기 위해 초경 또는 다이아몬드 공구를 사용하십시오. 공구 경도는 HRC 60 이상을 권장합니다.

냉각수 사용: 절삭 온도를 낮추고 구리 상의 연화 또는 텅스텐 입자의 탈락을 방지하기 위해 가공 중에는 수성 또는 유성 냉각수를 사용하십시오. 부식성 불순물의 유입을 방지하기 위해 냉각수를 깨끗하게 유지하십시오.

가공 매개변수: 막대에 균열을 일으키는 과도한 응력을 피하기 위해 절삭 속도(예: 100-200m/min)와 이송 속도(예: 0.05-0.2mm/rev)를 제어합니다.

표면 보호: 가공 후 표면에 남아 있는 냉각수와 금속 조각은 화학적 부식을 방지하기 위해 즉시 세척하십시오. 알코올이나 중성 세제로 닦아내는 것이 좋습니다.

10.3.2 작동 중 유지 관리

텅스텐 구리 막대는 사용 시나리오(예: 전극, 전기 접점 또는 라디에이터)에서 정기적으로 검사하고 유지 관리해야 합니다.

표면 검사: 바 표면에 산화, 마모 또는 아크 침식 흔적이 있는지 정기적으로 점검하십시오. 예를 들어, EDM 전극 표면에 침식 흔적이 눈에 띄게 나타나면 즉시 교체해야 합니다.

세척 및 관리: 초음파 세척기나 부드러운 천을 사용하여 표면의 오염을 제거하세요. 산성 또는 알칼리성 세제는 사용하지 마세요. 세척 빈도는 사용 환경에 따라 결정하세요(예: 한 달에 한 번).

온도 모니터링: 고온 환경(예: 전기 접점)에서는 성능 저하를 방지하기 위해 작동 온도가 구리의 연화점(약 800°C)을 초과하지 않도록 모니터링합니다.

부식 방지 조치: 습기가 많거나 부식성 환경에서는 구리층을 보호하기 위해 정기적으로 방청유나 임시 코팅(예: 실리콘 오일의 얇은 층)을 바르십시오.

10.3.3 보관 및 재사용

사용하지 않은 텅스텐 구리 막대나 가공된 잔여물은 적절하게 보관해야 합니다.

단기 보관: 습기 방지 밀봉된 봉지에 담아 건조하고 통풍이 잘 되는 곳에 보관하세요.

장기 보관: 진공 포장이나 질소 충전 포장을 사용하고 표면 상태를 정기적으로 확인하세요.

잔류물 재활용: 처리된 잔류물은 재활용이 가능하며 요구 사항이 낮은 시나리오(예: 실험 샘플)에서 사용할 수 있지만, 요구 사항을 충족하는지 확인하기 위해 성능을 테스트해야 합니다.

10.3.4 유지 관리 기록

각 검사, 청소 및 교체의 시간, 상태 및 처리 방법을 기록하는 유지 관리 기록을 작성하는 것이 좋습니다. 예를 들면 다음과 같습니다.

날짜: 2025년 8월 20일

검사내용 : W80Cu20 전극 표면 검사

상태: 약간 소실됨, 전도도 5% 감소

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

대책 : 초음파 세척, 다음달 교체 예정

표준화된 유지관리 및 관리를 통해 텅스텐 구리 막대의 수명을 크게 연장하고 고장률을 줄일 수 있습니다.

10.4 일반적인 문제 및 해결책

텅스텐 구리 막대는 사용 중 다양한 문제에 직면할 수 있습니다. 다음은 사용자가 문제를 신속하게 해결할 수 있도록 일반적인 문제와 그 해결책을 요약한 것입니다.

10.4.1 표면 산화

텅스텐 구리 막대 표면에 녹색 또는 검은 색 산화층 (CuO 또는 Cu_2O) 이 나타나고 전도도가 감소합니다.

원인: 보관 또는 사용 환경이 습기가 많거나 고온 산화성 분위기에 노출되어 있습니다.

해결책:

희석된 아세트산(5%)이나 구연산 용액으로 표면을 닦아 산화물 층을 제거한 후 알코올로 행구고 말립니다.

보관 환경을 최적화하고, 습도를 60% 이하로 유지하고, 밀폐 포장을 사용하세요.

고온 환경에서는 불활성 가스 보호(질소나 아르곤 등)를 추가하세요.

10.4.2 아크 침식

문제 설명: EDM 전극이나 전기 접점 표면에 절삭 구멍이 나타나 가공 정확도나 접점 성능에 영향을 미칩니다.

원인: 아크 에너지가 너무 높거나 텅스텐 구리 막대의 내마모성이 부족합니다.

해결책:

EDM의 방전 에너지를 줄이고 펄스 폭과 전류를 최적화합니다(예: 펄스 폭 50-100 μs).

내마모성을 개선하려면 텅스텐 함량이 높은 재료(예: W85Cu15)를 선택하세요.

전극 표면을 정기적으로 점검하고 적절한 시기에 수리하거나 교체하세요.

10.4.3 균열 가공

문제 설명: 텅스텐 구리 막대를 가공하는 동안 미세 균열이 발생하여 강도가 감소합니다.

원인: 과도한 절삭 속도, 공구 마모 또는 재료 내부 결함.

해결책:

절단 속도를 낮추고(예: 80-150m/분) 새로운 도구를 사용하세요.

재료의 품질을 확인하고 공급업체에 비파괴 검사 보고서(초음파 검사 등)를 제공하도록 요청합니다.

예열처리(200~300°C)는 가공 스트레스를 줄이는 데 사용됩니다.

10.4.4 전도도 감소

문제 설명: 텅스텐 구리 막대의 전도도는 일정 기간 사용 후 크게 감소하여 전기

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

성능에 영향을 미칩니다.

원인: 구리상 산화, 미세구조 변화 또는 표면 오염.

해결책:

표면의 먼지를 청소하려면 초음파 세척이나 알코올 물티슈를 사용하세요.

작동 환경을 확인하고 고온이나 부식성 분위기를 피하세요.

전도도가 계속 감소하는 경우 막대를 새 것으로 교체하거나 열처리를 수행하여 성능을 복구하는 것을 고려하세요.

10.4.5 열팽창 불일치

문제 설명: 텅스텐 구리 막대와 인접한 재료(예: 세라믹)가 고온에서 벗겨지거나 균열이 생깁니다.

이유: 열팽창계수 차이가 너무 큼.

해결책:

AlN, 약 $4.5 \times 10^{-6} /K$ 에 맞게 W80Cu20(열팽창 계수 약 $8.0 \times 10^{-6} /K$)과 같이 재선택 됩니다.

열응력을 완화하기 위해 계면에 완충층(예: Ni 또는 Mo의 얇은 층)을 추가합니다.

작동 온도를 최적화하고 $600^{\circ}C$ 이하로 유지하세요.

10.4.6 저장 변형

문제 설명: 장기간 보관된 텅스텐 구리 막대가 약간 구부러지거나 변형되었습니다.

원인: 보관 중 힘이 고르지 않거나 포장이 부적절합니다.

해결책:

막대가 쌓이는 것을 방지하기 위해 수평으로 보관하는지 보관 방법을 확인하세요.

무게를 분산시키기 위해 전용 스탠드나 나무 상자를 사용하세요.

사소한 변형의 경우, 저온 어닐링(약 $600^{\circ}C$)을 통해 응력을 완화할 수 있습니다.

10.4.7 사례 분석

사례 1: 한 전자 제품 포장 공장에서 W70Cu30 텅스텐 구리 막대를 사용했는데, 고온에서 열전도도가 감소하는 것을 발견했습니다. 검사 결과 표면 산화가 심했습니다. 해결책: 보관을 위해 진공 포장하고 사용 전 초음파 세척을 실시하여 열전도도를 95% 이상으로 회복시켰습니다.

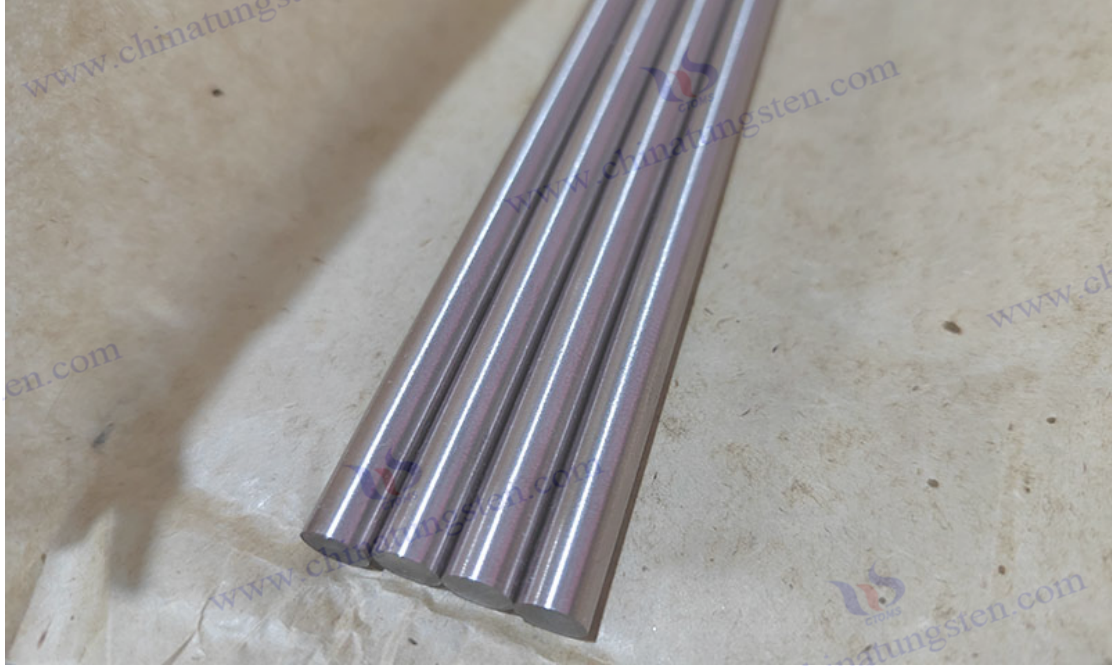
사례 2: 금형 제조업체의 W80Cu20 전극이 방전 가공(EDM) 중 급격한 마모를 겪었습니다. 분석 결과 과도한 방전 에너지가 확인되었습니다. 해결책: 전류를 50A로, 펄스 폭을 $80 \mu s$ 로 줄임으로써 전극 수명을 두 배로 늘렸습니다.

요약하다

텅스텐 구리 막대의 선택 및 사용은 요구 분석, 공급업체 선정, 보관 및 운송, 유지보수, 문제 해결 등 여러 단계로 구성된 체계적인 과정입니다. 적합한 텅스텐 구리 막대를 선택하려면 적용 시나리오에 따른 성능 요건을 명확히 하고, 사양 및 공급업체 신뢰도를 기반으로 종합적인 평가를 수행해야 합니다. 보관 및 운송 시에는 산화 및 물리적 손상을 방지하기 위해 엄격하게 관리되는 환경 조건이 요구됩니다. 사용 중 표준화된 가공 및 유지보수를 통해 막대의 수명을 연장하고 성능을 유지할

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

수 있습니다. 일반적인 문제를 해결하기 위한 맞춤형 조치를 신속하게 시행하면 고장률을 효과적으로 줄일 수 있습니다. 과학적 관리 및 운영을 통해 텅스텐 구리 막대는 다양하고 까다로운 시나리오에서 최적의 성능을 발휘할 수 있습니다.



제11장 텅스텐 구리 막대의 시장 및 개발 동향

고성능 복합 재료인 텅스텐 구리 막대는 뛰어난 전기 및 열 전도성, 고온 저항성, 그리고 기계적 강도 덕분에 전기, 전자, 항공우주, 열 관리 등 다양한 분야에서 널리 사용되고 있습니다. 세계 산업 기술의 발전과 신형 산업의 급속한 발전에 따라 텅스텐 구리 막대에 대한 시장 수요는 지속적으로 증가하고 있으며, 산업 체인 또한 지속적으로 개선되고 있습니다. 또한 기술 혁신은 성능 최적화 및 응용 분야 확장을 촉진하고 있습니다. 본 장에서는 고성능, 친환경 제조, 그리고 신형 응용 분야를 포괄하여 세계 텅스텐 구리 소재 산업 체인의 구조, 시장 수요의 분포 및 특성, 그리고 주요 미래 개발 동향을 자세히 분석합니다.

11.1 글로벌 텅스텐-구리 소재 산업 체인 개요

텅스텐-구리 소재 산업 사슬은 원자재 채굴부터 최종 제품 적용까지 자원 추출, 재료 준비, 가공 및 제조, 시험 및 인증, 그리고 최종 사용까지 다양한 단계를 아우릅니다. 산업 사슬의 상류는 주로 텅스텐 및 구리 광석의 채굴 및 정제를 포함합니다. 텅스텐 자원은 주로 중국, 러시아, 호주, 캐나다에 집중되어 있습니다. 중국은 전 세계 텅스텐 매장량의 약 80%, 전 세계 생산량의 60%를 차지하며, 텅스텐 분말의 핵심 공급국입니다. 구리 자원은 칠레, 페루, 호주 등지에 널리 분포되어 있으며, 주요 생산국은 칠레, 페루, 호주입니다. 전해 구리 생산 기술은 성숙 단계에 이르러 풍부한 공급을 확보하고 있습니다.

미드스트림(Midstream) 부문은 텅스텐 구리 막대의 제조 및 가공을 포함합니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

텅스텐 분말은 수소 환원을 통해 텅스텐산염 또는 삼산화텅스텐으로부터 추출되며, 전기분해 구리는 전기화학적 정련을 통해 얻어집니다. 제조 공정에는 프레스, 소결, 진공 침투를 포함한 분말 야금 기술이 활용됩니다. 진공 소결로 및 침투로와 같은 핵심 장비는 제품 품질을 보장하기 위해 고정밀 제어가 필요합니다. 가공에는 다양한 응용 분야의 크기 및 성능 요건을 충족하기 위해 정밀 가공, 열처리 및 표면 개질이 포함됩니다. 미드스트림 기업은 대부분 전문 소재 제조업체입니다.

하류 부문은 전기 접점, 전자 패키징, 항공우주 부품, 방열판, 금형 제조 등 텅스텐 구리 막대의 최종 사용 분야를 포괄합니다. 유통 채널에는 지멘스, GE 등 장비 제조업체에 직접 공급하는 방식과 거래업체를 통한 해외 시장 진출이 포함됩니다. 시험 및 인증은 공급망의 핵심 요소로, 글로벌 시장에서 제품 경쟁력을 확보하기 위해 ASTM B702, GB/T 8320 등 국제 표준 준수를 요구합니다.

산업 체인은 고도로 세계화되어 있으며, 중국은 원자재 및 제조를 주도하고 유럽, 미국, 일본은 첨단 응용 분야와 정밀 가공 분야에서 기술적 우위를 점하고 있습니다. 산업 체인 협력은 공급망 안정성과 기술 통합을 강조하며, 원자재 가격 변동과 환경 규제는 주요 과제입니다.

11.2 시장 수요 구조 및 응용 프로그램 점유율 분석

세계 산업화 과정, 전자 산업의 발전, 그리고 신에너지 기술의 발전에 힘입어 텅스텐 구리 막대 시장 수요는 다각화되고 있습니다. 시장 수요 구조는 다음과 같은 주요 영역으로 구분할 수 있습니다.

- 전기 및 전자(시장 점유율 약 45%): 텅스텐 구리 막대는 고전압 스위치, 회로 차단기, EDM 전극 등 다양한 응용 분야에서 시장을 장악하고 있습니다. 높은 전기 전도성과 아크 부식 저항성 덕분에 특히 송배전 장비의 전기 접점 및 전극 소재로 적합합니다. 예를 들어, 전 세계적인 전력망 개선 및 스마트 그리드 구축은 고성능 접점 소재에 대한 수요를 견인하고 있습니다. 또한, 마이크로일렉트로닉스 패키징의 방열판 및 전극으로 사용되는 텅스텐 구리 막대에 대한 수요도 빠르게 증가하고 있으며, 특히 5G 통신, 전력 반도체, 레이더 시스템 분야에서 수요가 급증하고 있습니다.

- 항공우주 및 방위(시장 점유율 약 20%): 로켓 엔진 노즐, 균형추 부품, 철갑탄 코어에 텅스텐 구리 막대를 사용하는 것은 항공우주 및 방위 산업의 발전에 힘입어 촉진되고 있습니다. SpaceX와 Blue Origin의 상업 우주 프로그램 등 글로벌 항공우주 산업의 급속한 발전은 고내열성, 고밀도 소재에 대한 수요를 증가시켰습니다. 특히 레이더 및 전자전 장비를 비롯한 방위 산업 분야에서 고성능 전극 및 열 관리 소재에 대한 수요도 증가하고 있습니다.

열 관리 및 방열 장치(시장 점유율 약 20%): 고출력 전자 장치(레이저, IGBT 모듈 등)와 신에너지 자동차의 인기가 높아짐에 따라, 텅스텐 구리 막대를 방열판 및 방열 기관으로 사용하는 분야가 빠르게 확대되고 있습니다. 텅스텐 구리 막대는 높은

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

열전도도와 반도체 소재와의 열팽창 호환성을 갖춰 데이터 센터, 전기차 배터리 관리 시스템, 5G 기지국 등에서 필수적인 소재로 자리 잡았습니다. 효율적인 방열 솔루션에 대한 전 세계적인 수요 증가는 이 분야의 빠른 성장을 견인하고 있습니다.

- 기계 및 금형 산업(시장 점유율 약 10%): 텅스텐 구리 막대는 높은 경도와 내마모성으로 인해 EDM 다이, 스탬핑 다이, 절삭 공구에 사용됩니다. 자동화 및 정밀 제조에 대한 세계적인 추세는 특히 자동차 및 의료기기 제조 분야에서 고성능 금형 소재에 대한 수요를 증가시켰습니다.

- 기타 분야(시장 점유율 약 5%): 의료용 방사선 차폐, 태양광 인버터용 전기 접촉 부품, 골프채 무게추 등 신흥 응용 분야가 여기에 포함됩니다. 비록 시장 점유율은 낮지만, 특히 신에너지 및 의료 산업 분야에서 상당한 성장 잠재력을 보유하고 있습니다.

시장 수요의 지역별 분포를 살펴보면, 아시아 태평양 지역(주로 중국)이 세계 시장의 50% 이상을 차지하며, 북미와 유럽이 각각 약 20%를 차지합니다. 나머지는 남미, 아프리카, 중동에 분포되어 있습니다. 수요 증가의 주요 동인으로는 세계 에너지 전환, 전자 산업 발전, 그리고 항공우주 투자 증가가 있습니다. 주요 과제로는 원자재 가격 변동(예: 텅스텐 가격은 수요와 공급에 따라 상당한 영향을 받음)과 환경 규제에 인한 생산 비용 압박 등이 있습니다.

11.3 텅스텐 구리 막대의 미래 개발 동향

텅스텐 구리 막대의 미래 발전은 기술 혁신, 시장 수요, 그리고 지속 가능한 개발 요건에 의해 좌우됩니다. 본 논문에서는 고성능, 친환경 제조, 그리고 새로운 응용 분야라는 세 가지 측면에서 텅스텐 구리 막대의 발전 동향을 분석합니다.

11.3.1 고성능 및 나노기술

고성능은 텅스텐 구리 막대 기술 개발의 핵심 방향이며, 차세대 고전력 전자 소자 및 극한 환경 응용 분야의 요구를 충족하기 위해 재료의 전기 전도성, 열 전도성, 강도 및 내마모성을 향상시키는 것을 목표로 합니다. 나노 기술은 고성능 달성을 위한 핵심 경로입니다. 나노스케일 텅스텐 및 구리 분말을 사용하면 재료의 미세 구조가 크게 개선됩니다. 나노입자의 더 큰 비표면적은 입자 간 결합을 강화하고, 소결 온도를 낮추며, 텅스텐 구리 막대의 밀도와 균일성을 향상시킵니다. 예를 들어, 나노텅스텐 분말(입자 크기 <100nm)은 더 미세한 골격 구조를 형성하여 구리 상의 침투 효율을 높여 열 전도성과 기계적 강도를 향상시킬 수 있습니다.

고성능을 위한 또 다른 방향은 기능적 경사 재료(FGM)의 개발입니다. 텅스텐-구리 막대 내에 텅스텐과 구리의 비율을 점진적으로 분포시킴으로써 특정 영역의 성능을 최적화할 수 있습니다. 예를 들어, 표면의 텅스텐 함량이 높으면 내마모성이 향상되고, 막대 내부의 구리 함량이 높으면 열전도도가 향상되어 복잡한 작업 조건에서 전극 및 방열판에 적합합니다. 또한, 지르코늄과 크롬과 같은 미량 원소를 첨가하면 텅스텐-구리 계면의 젖음성이 향상되어 재료 성능이 더욱 향상됩니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

플라즈마 소결(SPS) 및 마이크로파 소결과 같은 첨단 제조 기술은 공정 시간을 단축하고 미세 구조 균일성을 향상시켜 고성능 텅스텐-구리 막대의 산업화를 촉진했습니다.

11.3.2 녹색 준비 및 지속 가능한 개발

친환경 제조와 지속 가능한 개발은 텅스텐 구리 막대 산업의 장기적인 추세이며, 환경 보호 및 자원 효율성에 대한 전 세계적인 요구에 부응하고 있습니다. 기존의 분말 야금 공정은 높은 에너지를 소비하고 폐가스와 폐액을 생성합니다. 친환경 제조는 공정과 장비를 최적화하여 환경에 미치는 영향을 줄입니다. 예를 들어, 저온 소결 기술은 활성제를 첨가하거나 나노 분말을 사용하여 소결 온도를 20~30% 낮춰 에너지 소비를 줄입니다. 진공 침투 공정의 테일 가스 회수 시스템은 휘발성 구리 증기를 포집하여 배출량을 줄일 수 있습니다. 폐기물 재활용 기술 또한 점점 더 중요해지고 있습니다. 생산 중인 폐텅스텐 구리 막대는 화학적 정제 및 재처리를 통해 고순도 분말로 재가공되어 자원 재활용을 달성할 수 있습니다.

지속 가능한 개발의 또 다른 핵심 초점은 원자재의 지속 가능한 공급입니다. 희소 금속인 텅스텐은 자원 부족에 직면하여 친환경 채굴 기술과 물리브텐 기반 복합재와 같은 대체 소재 연구에 대한 관심이 높아지고 있습니다. 제조업체는 또한 유해 물질 사용을 제한하고 텅스텐 구리 막대가 환경 기준을 충족하도록 하는 EU의 RoHS 지침 및 REACH 규정과 같은 국제 환경 규정을 준수해야 합니다. 실시간 모니터링 및 데이터 분석을 통해 공정 매개변수를 최적화하는 지능형 생산 시스템의 도입은 에너지 효율과 제품 품질을 더욱 향상시킵니다.

11.3.3 새로운 응용 프로그램 지침

텅스텐 구리 막대의 미래 응용 분야는 기술 발전과 함께 신에너지, 의료, 적층 제조 등 신흥 산업을 아우르며 확장되고 있습니다. 신에너지 분야에서는 태양광 인버터 및 풍력 터빈 컨버터의 전기 접촉 부품으로 텅스텐 구리 막대에 대한 수요가 증가하고 있으며, 높은 전도성과 내식성을 통해 효율적인 에너지 변환을 지원합니다. 전기차 배터리 관리 시스템에서 텅스텐 구리 막대는 방열 기관 역할을 하여 고출력 배터리의 열을 효과적으로 관리하고 배터리 수명을 연장합니다.

의료 분야에서 텅스텐 구리 막대는 방사선 차폐 특성이 뛰어나 CT 콜리메이터 및 방사선 치료 장비의 차폐 부품과 같은 X선 및 감마선 방호 장비에 사용하기에 유망합니다. 높은 밀도와 가공 성능은 복잡한 형상의 제조를 지원하여 의료 장비의 고정밀 요구 사항을 충족합니다.

적층 제조(3D 프린팅)는 또 다른 신흥 분야입니다. 레이저 또는 전자빔 용융 증착 기술을 사용하여 텅스텐 골격을 인쇄하고 진공 침투 공정을 결합하면 복잡한 형상의 텅스텐-구리 부품을 생산할 수 있습니다. 이 방법은 기존 공정의 한계를 극복하고 항공우주 및 전자 산업의 소량 맞춤 생산에 적합합니다. 예를 들어, 3D 프린팅으로 제작된 텅스텐-구리 히트싱크는 내부 마이크로채널 설계를 구현하여 방열 효율을 더욱 향상시킬 수 있습니다.

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

CTIA GROUP LTD
Tungsten Copper Rod Introduction

1. Overview of Tungsten Copper Rod

Tungsten copper rod is composite materials produced by infiltrating high-purity tungsten powder with copper through a vacuum infiltration process. It possesses a unique microstructure that combines the high strength and high melting point of tungsten with the excellent electrical and thermal conductivity of copper. This results in a high-performance material with outstanding thermal stability, wear resistance, and electrical conductivity.

2. Characteristics of Tungsten Copper Rod

High Thermal Conductivity: The excellent thermal conductivity of copper ensures rapid heat dissipation, making it suitable for high-power devices and laser systems.

High Strength and High-Temperature Resistance: The stable mechanical properties of tungsten allow the material to remain reliable under extreme high-temperature conditions.

Resistance to Arc Erosion: The tungsten-copper composite structure provides exceptional resistance to arc erosion in electrical applications, significantly extending electrode service life.

Low Thermal Expansion Coefficient: Effectively reduces thermal stress and improves structural stability.

Excellent Machinability: Can be precisely fabricated into electrodes, heat sinks, or complex parts to meet diversified application requirements.

3. Performance Parameters of Tungsten Copper Rod

Product Name	Chemical Composition (%)		Physical and Mechanical Properties			
	Impurities $\leq$	W	Density (g/cm ³)	Hardness (HB)	Resistivity (m Ω · cm)	Tensile Strength (MPa)
W50Cu	0.5	Balance	11.85	115	3.2	—
W60Cu	0.5	Balance	12.75	140	3.7	—
W70Cu	0.5	Balance	13.8	175	4.1	790
W80Cu	0.5	Balance	15.15	220	5	980
W90Cu	0.5	Balance	16.75	260	6.5	1160

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

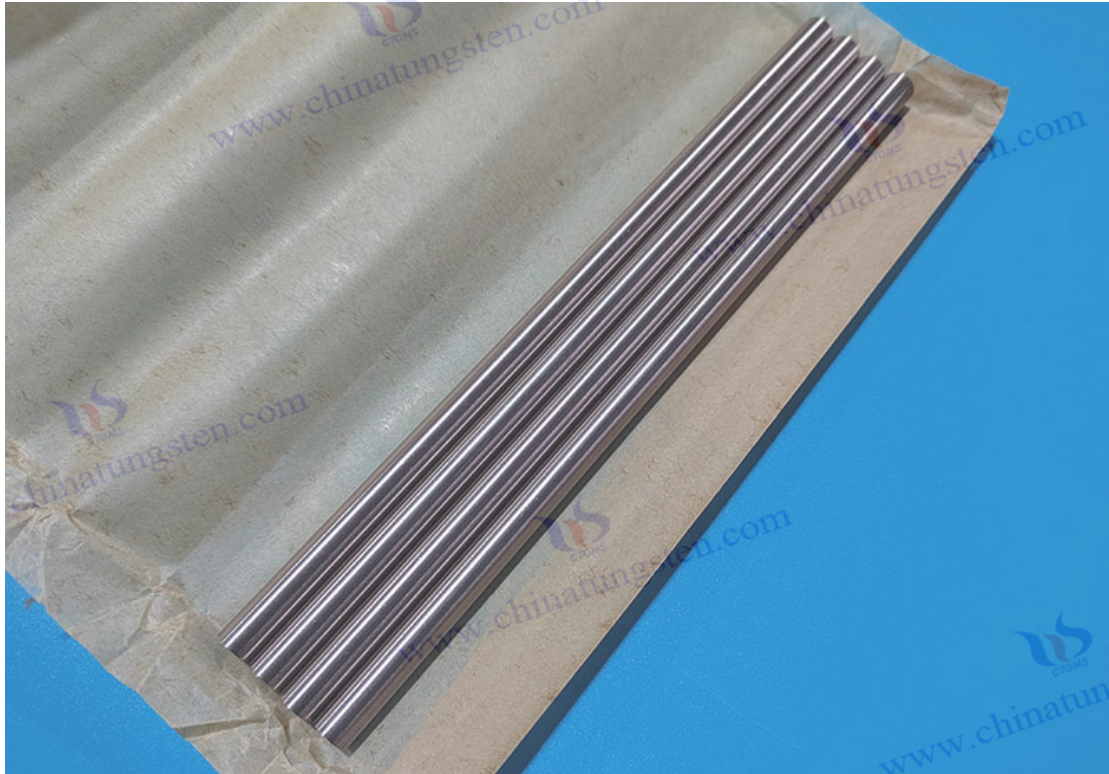
Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: tungsten-copper.com

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

또한, 양자 컴퓨팅 및 6G 통신 장비에서 텅스텐 구리 막대의 잠재적 응용 분야 또한 주목할 만합니다. 양자 컴퓨팅은 초저온 환경에서 높은 열전도도를 갖는 소재를 필요로 하며, 텅스텐 구리 막대는 낮은 열팽창률과 높은 열전도도를 가지고 있어 유망한 후보 소재입니다. 6G 기지국의 높은 전력 밀도는 방열 및 전기 접촉 소재에 대한 높은 요구를 충족시키며, 텅스텐 구리 막대의 종합적인 성능은 이러한 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

요약하자면, 텅스텐 구리 막대의 시장 및 개발 동향은 세계적인 산업 발전과 신기술에 의해 주도되고 있습니다. 공급망 개선과 기술 혁신은 기존 산업과 신형 산업 모두에서 텅스텐 구리 막대의 광범위한 도입을 촉진하고 있습니다. 고성능 친환경 제조와 신형 응용 분야의 조화로운 발전은 텅스텐 구리 막대의 시장 경쟁력을 더욱 강화하여 미래 산업 발전에 중요한 기반을 제공할 것입니다. 업계는 시장 과제를 해결하고 성장 기회를 포착하기 위해 원자재 공급, 환경 규정 준수, 그리고 기술 R&D에 집중해야 합니다.



저작권 및 법적 책임에 대한 성명

부록

A. 용어집

텅스텐-구리 합금: 텅스텐과 구리로 구성된 금속 기질 복합 소재로, 구리 함량은 일반적으로 10%~50%입니다.

진공 침투 공정: 진공 환경에서 텅스텐 골격에 구리를 침투시켜 텅스텐 구리 막대를 제조하는 공정입니다.

금속 발한 효과: 고온 (예: 3000 °C 이상) 에서 구리는 액화되고 증발하여 열을 흡수하고 재료의 표면 온도를 낮춥니다.

전기 전도도(%IACS): 열처리된 구리의 국제 표준 전도도로, 재료의 전기 전도도를 측정하는 데 사용됩니다.

열팽창 계수: 온도가 변할 때 재료의 부피 또는 길이가 변화하는 비율입니다.

아크 침식 저항성: 아크 작용으로 인한 마모 손상에 저항하는 재료의 능력.

니어넷셰이핑: 공정을 최적화하고 이후 가공을 줄여 최종 형상에 가까운 형상을 직접 얻는 제조 기술입니다.

저항용접 전극: 저항용접에 사용되는 전극으로 고온과 마모에 대한 저항성이 요구됩니다.

EDM 전극: EDM에 사용되는 전극으로 전기적 침식률이 높고 마모율이 낮습니다.

전자 패키징 소재: 높은 열전도도와 낮은 열팽창 특성을 지닌 반도체 소자 패키징에 사용되는 소재입니다.

고주파 연소 적외선 흡수법: 텅스텐-구리 합금의 탄소 함량을 결정하는 데 사용되는 분석 방법입니다.

신코넨 중량법: 텅스텐-구리 합금의 텅스텐 함량을 결정하는 데 사용되는 화학 분석 방법입니다.

열전도도: 재료가 열을 전도하는 능력으로, 일반적으로 $W/m \cdot K$ 로 표현됩니다.

경도(HB/HV): 브리넬 경도(HB) 또는 비커스 경도(HV)는 재료의 변형 저항성을 측정하는 데 사용됩니다.

나. 참고문헌

- [1] 파도바 대학교, 재료 및 디자인, 2023
- [2] AEM 금속, 텅스텐 구리 합금
- [3] Chinatungsten, 저온소결 및 침투법에 의한 텅스텐-구리 합금봉 제조, 2024
- 고성능 텅스텐-구리 복합재 의 제조 및 특성에 관한 연구 진행 상황 . 주조 기술, 2023.
- [5] 우리나라 텅스텐계 중합금 개발 현황. Rare Metals, 2021.
- [6] 핵융합로 다이버터용 방열소재 연구 현황 및 전망. 재료과학, 2022.
- [7] 차이나텅스텐 온라인, 텅스텐 구리 제조 공정
- [8] 차이나텅스텐 온라인, 텅스텐 구리 막대 가공
- [9] 내화금속, 구리텅스텐 접촉소재 제조방법
- [10] Chinatungsten, 저온소결 및 침투법을 이용한 텅스텐-구리 합금봉 제조, 2024
- [11] ScienceDirect, 고경도 텅스텐-구리 나노복합소재의 초고속 가공, 2016
- 줄-겔법과 현장반응을 통해 제조된 텅스텐 나노입자 강화 구리 복합재 , 2019
- [13] PMC, 기계적 합금화 및 소결을 이용한 나노구조 구리 매트릭스 복합재의 현장

저작권 및 법적 책임에 대한 성명

텅스텐 카바이드 형성, 2022

[14] ScienceDirect, 스테인리스강 중간층과 관련 결합 메커니즘을 갖춘 텅스텐-구리 합금 이중 금속 구조의 다중 재료 첨가 제조, 2022

[15] ScienceDirect, 진공용합침투기술이 텅스텐/구리 접합계면의 특성에 미치는 영향에 관한 연구, 2024

[16] 금속 AM, 핵융합 에너지 혁명 실현: PBF-EB 적층 제조를 통한 텅스텐 마스터링, 2024

[17] MDPI, W-Cu 복합재료의 첨가 제조에 대한 검토, 2025

[18] Confer, W 골격 침투에 의한 W-CU 복합재 제조 - 검토, 2021