

순수 텅스텐 전극의 백과 사전

中钨智造科技有限公司
CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

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

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP 소개

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

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

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

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



저작권 및 법적 책임 선언문

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2024V
sales@chinatungsten.com

CTIA GROUP LTD

Pure Tungsten electrode Introduction

1. Overview of Pure Tungsten Electrode

Pure tungsten electrodes are electrode materials made primarily from high-purity tungsten (content $\geq 99.95\%$) through powder metallurgy processes, including pressing, sintering, forging, and precision machining. They contain no rare earth or alloying elements, making them the most basic type of tungsten electrodes. They are widely used in welding and plasma applications that require high temperatures and high current density.

2. Main Applications of Pure Tungsten Electrode

TIG Welding (Tungsten Inert Gas Welding): Especially suitable for DC welding of reactive metals such as magnesium, aluminum, and titanium (using DCEN).

Plasma Cutting and Spraying: Used as electrode materials for high-temperature ion sources.

Electronic Devices: Serves as cathodes or supporting components in vacuum devices such as electron tubes and discharge tubes.

High-Temperature Furnace Electrodes: Used as heating electrodes in resistance furnaces operating in inert atmospheres or vacuum environments.

Scientific Research and Experimental Applications: Involved in high-temperature and high energy-density experiments.

3. Basic Data of Pure Tungsten Electrode

Item	Parameter
Chemical Composition (W)	$\geq 99.95\%$
Melting Point	3410°C
Density	19.3 g/cm^3
Electrical Conductivity (20°C)	$\sim 30\% \text{ IACS}$
Hardness (HV)	340 – 400 HV
Thermal Conductivity	$170 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Operating Current Range	DCEN, depends on diameter and base metal
Electrode Diameter Range	$\varnothing 0.5 \text{ mm} \sim \varnothing 6.4 \text{ mm}$ (customizable)
Electrode Length	Standard lengths: 150 mm and 175 mm (customizable)
Applicable Standard	ISO 6848 (Tungsten electrodes for welding)

4. Supply Form and Packaging of Pure Tungsten Electrode

Form: Polished rods, with customized ground tips

Standard Packaging: 10 pieces per plastic box, outer carton with shock-resistant protection

Customization: Dimensions, packaging, and tips can be customized

5. Procurement Information

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

Website: www.tungsten.com.cn

저작권 및 법적 책임 선언문

디렉토리

1 장 소개

- 1.1 순수 텅스텐 전극의 정의 및 개요
- 1.2 용접 산업에서 순수 텅스텐 전극의 중요성
- 1.3 순수 텅스텐 전극 연구 및 응용의 배경

2 장 : 순수 텅스텐 전극의 특성

- 2.1 순수 텅스텐 전극의 물리적 특성
 - 2.1.1 순수 텅스텐 전극의 녹는점 및 끓는점
 - 2.1.2 순수 텅스텐 전극의 밀도
 - 2.1.3 순수 텅스텐 전극의 열 및 전기 전도성
 - 2.1.4 순수 텅스텐 전극의 열팽창 계수
 - 2.1.5 순수 텅스텐 전극의 증기압
- 2.2 순수 텅스텐 전극의 화학적 성질
 - 2.2.1 순수 텅스텐 전극의 화학적 안정성
 - 2.2.2 순수 텅스텐 전극의 산화 저항
 - 2.2.3 순수 텅스텐 전극과 다른 원소의 반응성
- 2.3 순수 텅스텐 전극의 전기적 특성
 - 2.3.1 순수 텅스텐 전극의 전자 작용
 - 2.3.2 순수 텅스텐 전극의 아크 안정성
 - 2.3.3 순수 텅스텐 전극의 전극 소비율
- 2.4 순수 텅스텐 전극의 기계적 성질
 - 2.4.1 순수 텅스텐 전극의 경도 및 취성
 - 2.4.2 순수 텅스텐 전극의 연성
 - 2.4.3 순수 텅스텐 전극의 고온 강도 및 크리프 저항
- 2.5 순수 텅스텐 전극과 다른 텅스텐 전극의 비교
 - 2.5.1 순수 텅스텐 전극 및 세륨 텅스텐 전극
 - 2.5.2 순수 텅스텐 전극 및 란탄 텅스텐 전극
 - 2.5.3 순수 텅스텐 전극 및 토륨 텅스텐 전극
 - 2.5.4 순수 텅스텐 전극 및 이트륨 텅스텐 전극
 - 2.5.5 순수 텅스텐 전극 및 지르코늄 텅스텐 전극
- 2.6 CTIA GROUP LTD 의 순수 텅스텐 전극 MSDS

제 3 장 : 순수 텅스텐 전극의 제조 및 생산 기술

- 3.1 순수 텅스텐 전극 원료 제조
 - 3.1.1 텅스텐 광석의 추출 및 정제
 - 3.1.2 고순도 텅스텐 분말의 제조
- 3.2 순수 텅스텐 전극의 분말 야금 공정
 - 3.2.1 텅스텐 파우더 프레스 몰딩
 - 3.2.2 소결 공정
 - 3.2.3 열처리 및 어닐링

저작권 및 법적 책임 선언문

- 3.3 순수 텅스텐 전극의 압력 처리
 - 3.3.1 단조 및 압연
 - 3.3.2 드로잉 및 드로잉
 - 3.3.3 전극 바 형성
- 3.4 순수 텅스텐 전극의 표면 처리
 - 3.4.1 청소 및 연마
 - 3.4.2 녹색 번짐 표시
- 3.5 순수 텅스텐 전극의 품질 관리
 - 3.5.1 원료 품질 검사
 - 3.5.2 생산 공정 모니터링
 - 3.5.3 완제품 검사
- 3.6 순수 텅스텐 전극의 기술적 어려움과 혁신
 - 3.6.1 고순도 제어
 - 3.6.2 입자 구조의 최적화
 - 3.6.3 생산 효율성 향상
 - 3.6.4 환경 보호 및 지속 가능한 개발

4 장 : 순수 텅스텐 전극의 사용

- 4.1 용접 응용 프로그램
 - 4.1.1 텅스텐 불활성 가스 용접 (TIG)
 - 4.1.2 AC 용접(AC)의 응용
 - 4.1.3 마그네슘, 알루미늄 및 그들의 합금의 용접
- 4.2 기타 산업 응용 프로그램
 - 4.2.1 저항 용접 전극
 - 4.2.2 플라즈마 절단 및 분무
 - 4.2.3 열전자 방출 재료
 - 4.2.4 스퍼터링 타겟
 - 4.2.5 평형추 및 발열체
- 4.3 특수 현장 응용 프로그램
 - 4.3.1 항공우주산업
 - 4.3.2 군수 산업
 - 4.3.3 원자력 산업
- 4.4 응용 프로그램 제한 사항
 - 4.4.1 DC 용접(DC)의 결함
 - 4.4.2 전극 마모 및 수명 문제

Chapter 5 순수 텅스텐 전극 생산 설비

- 5.1 순수 텅스텐 전극 용 원료 가공 장비
 - 5.1.1 텅스텐 광석 분쇄 및 연삭 장비
 - 5.1.2 화학 정화 장비
- 5.2 순수 텅스텐 전극용 분말 야금 장비
 - 5.2.1 프레스

- 5.2.2 소결로
- 5.2.3 진공 열처리로
- 5.3 순수 텅스텐 전극 용 압력 처리 장비
- 5.3.1 단조 기계
- 5.3.2 압연기
- 5.3.3 와이어 드로잉 머신
- 5.4 순수 텅스텐 전극 용 표면 처리 장비
- 5.4.1 청소 장비
- 5.4.2 연마기
- 5.4.3 애플리케이션 장비
- 5.5 순수 텅스텐 전극에 대한 테스트 및 품질 관리 장비
- 5.5.1 화학 성분 분석기
- 5.5.2 미세구조 분석 장비
- 5.5.3 물리적 성능 시험 장비
- 5.6 순수 텅스텐 전극을 위한 자동화 및 지능형 장비
- 5.6.1 자동화 생산 라인의 적용
- 5.6.2 지능형 모니터링 시스템

Chapter 6 순수 텅스텐 전극에 대한 국내외 표준

- 6.1 순수 텅스텐 전극에 대한 국제 표준
- 6.1.1 AWS A5.12(미국 용접 협회 표준)
- 6.1.2 ISO 6848(국제표준화기구)
- 6.1.3 EN 26848(유럽 표준)
- 6.2 순수 텅스텐 전극에 대한 중국 국가 표준
- 6.2.1 GB/T 4190(텅스텐 전극 표준)
- 6.2.2 관련 산업 표준
- 6.3 순수 텅스텐 전극에 대한 기타 국가 표준
- 6.3.1 JIS Z 3233(일본 공업 규격)
- 6.3.2 DIN EN ISO 6848(독일 표준)
- 6.4 순수 텅스텐 전극의 표준 비교 및 차이점
- 6.4.1 화학 성분 요구 사항
- 6.4.2 치수 및 공차
- 6.4.3 성능 테스트 방법
- 6.5 순수 텅스텐 전극 표준의 개발 동향
- 6.5.1 환경 및 안전 요구 사항
- 6.5.2 고성능 전극 규격

Chapter 7 순수 텅스텐 전극의 검출 방법 및 기술

- 7.1 순수 텅스텐 전극의 화학 성분 검출
- 7.1.1 분광 분석(ICP-OES)
- 7.1.2 X 선 형광 분석(XRF)
- 7.1.3 화학적 적정

저작권 및 법적 책임 선언문

- 7.2 순수 텅스텐 전극의 물리적 특성
 - 7.2.1 밀도 측정
 - 7.2.2 경도 시험
 - 7.2.3 전도도 테스트
- 7.3 순수 텅스텐 전극의 미세 구조 분석
 - 7.3.1 광학 현미경 관찰
 - 7.3.2 주사 전자 현미경 (SEM)
 - 7.3.3 입자 크기 분석
- 7.4 순수 텅스텐 전극의 용접 성능 시험
 - 7.4.1 아크 성능 테스트
 - 7.4.2 아크 안정성 테스트
 - 7.4.3 전극 소비율 테스트
- 7.5 순수 텅스텐 전극의 환경 및 안전 테스트
 - 7.5.1 방사능 검출 (토륨-텅스텐 전극 비교)
 - 7.5.2 먼지 및 배기 가스 배출 감지
- 7.6 순수 텅스텐 전극 시험 장비의 교정 및 표준화
 - 7.6.1 장비 교정 방법
 - 7.6.2 국제 테스트 표준

8 장 : 순수 텅스텐 전극의 장점과 단점 분석

- 8.1 순수 텅스텐 전극의 장점
 - 8.1.1 저렴한 비용
 - 8.1.2 고온 안정성
 - 8.1.3 AC 용접에 적합
- 8.2 순수 텅스텐 전극의 단점
 - 8.2.1 DC 용접 성능 저하
 - 8.2.2 높은 전극 소비율
 - 8.2.3 아크의 어려움 및 불안정한 아크
- 8.3 순수 텅스텐 전극의 개선 방향
 - 8.3.1 프로세스 최적화
 - 8.3.2 합금 연구
 - 8.3.3 전극 신소재 개발

제 9 장 : 순수 텅스텐 전극의 시장 및 개발 동향

- 9.1 글로벌 텅스텐 전극 시장 개요
 - 9.1.1 주요 생산국
 - 9.1.2 시장 규모 및 수요
- 9.2 중국 텅스텐 전극 시장 분석
 - 9.2.1 국내 생산 능력
 - 9.2.2 시장 수요 및 응용 분야
- 9.3 순수 텅스텐 전극 기술의 발전 동향
 - 9.3.1 효율적인 생산 기술

- 9.3.2 친환경 생산공정
- 9.3.3 새로운 텅스텐 전극의 연구 개발
- 9.4 순수 텅스텐 전극의 도전 과제
 - 9.4.1 원재료 가격의 변동
 - 9.4.2 환경 규제 압력
 - 9.4.3 국제 경쟁

Chapter 10 결론

- 10.1 순수 텅스텐 전극의 종합 평가
- 10.2 순수 텅스텐 전극의 향후 개발 전망
- 10.3 순수 텅스텐 전극의 연구 및 응용 제안

부록

- A. 용어집
- B. 참조

1 장 소개

1.1 순수 텅스텐 전극의 정의 및 개요

순수 텅스텐 전극 (WP 전극)은 고순도 텅스텐 (텅스텐 함량 $\geq 99.5\%$)을 주원료로 만든 용접 전극 재료로, 일반적으로 고급 분말 야금 공정에 의해 생산되는 회토류 산화물 또는 기타 합금 원소로 도핑 처리되어 있으며 그 표면은 국제 표준 식별 사양을 충족하기 위해 녹색 마크로 코팅되어 있습니다. 회귀 금속으로서 텅스텐은 매우 높은 용점 ($3422\text{ }^{\circ}\text{C}$), 고밀도 (19.3 g/cm^3), 우수한 전기 전도성 (약 30% IACS), 열전도율 ($173\text{ W/m}\cdot\text{K}$) 및 우수한 화학적 안정성을 가지고 있어 순수 텅스텐 전극은 텅스텐 아르곤 아크 용접 (TIG 용접)에 사용되는 최초의 전극 유형 중 하나입니다. 높은 전자 작업(약 4.52 eV)으로 고온에서 우수한 열전자 방출 능력을 제공하지만 DC 용접(DC)에서 아크 시작이 어렵고 아크 안정성이 부족하여 적용이 제한적이며 주로 AC 용접(AC), 특히 알루미늄, 마그네슘 및 그 합금의 용접에 사용됩니다.

순수 텅스텐 전극의 제조 공정은 텅스텐 광석 정제에서 완성 된 전극에 이르기까지 여러 단계를 포함하여 복잡하고 정확합니다. 첫째, 고순도 텅스텐 분말은 텅스텐 광석 (예 : 볼프 라마이트 또는 scheelite)에서 화학적으로 추출 된 다음 전극 막대를 압착 및 성형, 소결, 단조, 와이어 드로잉 및 표면 연마로 만듭니다. 완성된 전극은 일반적으로 직경이 0.5 mm 에서 6.4 mm , 길이가 75 mm 에서 600 mm 에 이르는 다양한 크기로 제공되며 다양한 용접 장비 및 공정 요구 사항을 충족하기 위해 1.0 , 1.6 , 2.4 , 3.2 및 4.0 mm 를 포함하는 일반적인 크기입니다. 또한, 순수 텅스텐 전극의 표면 품질 및 치수 공차는 용접 성능에 매우 중요하므로 고온 아크 환경에서 전극의 안정성과 내구성을 보장하기 위해 생산 공정 중에 불순물 함량 및 입자 구조를 엄격하게 제어해야 합니다.

1.2 용접 산업에서 순수 텅스텐 전극의 중요성

순수 텅스텐 전극은 용접 산업, 특히 텅스텐 아르곤 아크 용접 (TIG 용접)에서 독특한 물리적 및 화학적 특성으로 인해 AC 용접에 선호되는 재료가되었습니다. 우선, 순수 텅스텐 전극의 높은 용점과 우수한 고온 안정성으로 인해 고전류 (일반적으로 $100\text{--}300\text{ A}$) 및 고온 아크 (약 $6000\text{--}7000\text{ }^{\circ}\text{C}$) 환경에서 구조적 무결성을 유지할 수 있으므로 전극 소비를 크게 줄이고 수명을 연장하여 용접 효율과 품질을 향상시킵니다. 둘째, AC 용접에서 순수 텅스텐 전극은 안정된 반구형 전극을 형성 할 수 있으며, 이는 아크 에너지를 고르게 분배하고 알루미늄 및 마그네슘과 같은 경금속 및 그 합금의 표면에있는 산화막을 효과적으로 제거하며 고정밀 용접의 요구를 충족시키기 위해 매끄럽고 조밀 한 용접을 형성합니다.

회토류 산화물 (예 : 세륨 텅스텐 전극, 란탄 텅스텐 전극 또는 토륨 텅스텐 전극)로 도핑 된 텅스텐 전극과 비교할 때, 순수 텅스텐 전극은 상당한 비용 이점과 환경 친화적 인 특성을 갖는다. 방사성 원소 (예 : 토륨)를 포함하지 않기 때문에 순수한 텅스텐 전극은 사용 및 폐기 중에 방사선 위험이 없으며 현대 녹색 제조 및 환경 보호 규정의 요구 사항을 충족합니다. 이 기능은 항공 우주 및 의료 기기 제조와 같이 안전 요구 사항이 높은 산업에서 매우 바람직합니다. 또한, 순수 텅스텐 전극의

저작권 및 법적 책임 선언문

생산 공정은 성숙하고 원료 공급원이 넓으며 가격이 상대적으로 안정적이어서 대규모 산업 생산에 경제적입니다.

순수 텅스텐 전극의 응용 분야는 많은 고급 제조 산업을 포괄합니다. 자동차 산업에서는 순수한 텅스텐 전극이 알루미늄 본체와 부품을 용접하는 데 사용됩니다. 항공 우주 분야에서는 티타늄 합금 및 알루미늄 합금의 정밀 용접에 사용됩니다. 전기 및 전자 산업에서는 벽이 얇은 금속 및 소형 부품을 용접하는 데 사용됩니다. 글로벌 제조 산업의 변화 및 업그레이드와 고품질 용접 공정에 대한 수요 증가 덕분에 순수 텅스텐 전극에 대한 시장 수요는 계속 확대되고 있습니다. DC 용접의 한계 중 일부는 일부 응용 분야에서 도핑 된 전극을 교체했지만 순수한 텅스텐 전극은 AC 용접, 저항 용접 및 일부 플라즈마 절단 및 분무 공정에서 필수 불가결한 상태로 남아 있습니다.

1.3 순수 텅스텐 전극 연구 및 응용의 배경

전략적 희소 금속으로서 텅스텐은 우수한 물리적 및 화학적 특성으로 인해 19 세기 말부터 산업 및 군사 분야에서 널리 사용되었습니다. 순수 텅스텐 전극의 R & D 및 적용은 20 세기 초에 시작되었으며, 이는 텅스텐 아르곤 아크 용접 기술의 탄생 및 개발과 밀접한 관련이 있습니다. 1910 년대에 텅스텐 전극은 용접 실험에 처음 사용되었으며, 높은 용점과 열 전자 방출 능력으로 인해 TIG 용접의 핵심 재료가되었습니다. 그러나 초기 순수 텅스텐 전극의 높은 전자 탈출 작업으로 인해 DC 용접시 아크 시작 및 아크 불안정성 문제가 있어 적용 범위가 제한됩니다. 이러한 단점을 극복하기 위해 연구자들은 20 세기 중반부터 희토류 산화물 (예 : 세륨 산화물, 란탄 산화물, 토륨 산화물)이 도핑 된 텅스텐 전극을 탐색하여 전자 작업을 줄이고 아크 시작 성능 및 아크 안정성을 개선했습니다. 도핑 된 전극은 DC 용접에서 잘 수행되지만 순수 텅스텐 전극은 비 방사성, 저렴한 비용 및 AC 용접에 대한 적합성으로 인해 중요한 시장 위치를 유지합니다.

20 세기 후반에는 항공 우주, 자동차 제조, 원자력 산업 및 전자 및 전기 산업의 급속한 발전으로 고성능 용접 재료에 대한 수요가 크게 증가하여 순수 텅스텐 전극 생산 공정의 지속적인 개선을 촉진했습니다. 현대 생산 기술에는 고순도 텅스텐 분말 준비, 등압 프레스 성형, 진공 소결, 정밀 단조 및 자동 와이어 드로잉 등이 포함되며 전극의 순도, 입자 균일성 및 기계적 특성을 크게 향상시킵니다. 또한 국제 표준 (예 : AWS A5.12, ISO 6848) 및 중국 국가 표준 (예 : GB/T 4190)은 순수 텅스텐 전극의 화학 성분, 치수 공차, 표면 품질 및 성능 테스트 방법을 지정하여 세계 시장에서 표준화된 생산 및 적용을 촉진합니다.

세계 최대의 텅스텐 자원 매장량(약 190 만 톤, 세계 전체의 50% 이상을 차지)과 생산량(2024 년 전 세계의 약 80%)을 보유한 국가인 중국은 텅스텐 채굴, 제련에서 전극 제조에 이르기까지 완전한 산업 체인을 보유하고 있습니다. 기술 혁신과 대규모 생산을 통해 국내 기업은 순수 텅스텐 전극의 국제 경쟁력을 크게 향상시켰습니다. 동시에 Chinatungsten Online Technology Co., Ltd.와 같은 산업 정보 플랫폼은 웹 사이트 및 WeChat 공식 계정을 통해 시장 동향, 기술 발전 및 가격 정보를 게시하여 글로벌

고객을 위한 맞춤형 솔루션을 제공하고 텅스텐 제품 업계에서 권위있는 정보 소스가 됩니다.

현재 순수 텅스텐 전극의 연구 방향에는 내마모성 및 아크 안정성을 향상시키기 위해 입자 구조를 최적화하고, 에너지 소비 및 배출을 줄이기 위해 효율적이고 환경 친화적인 생산 공정을 개발하고, 다양한 용접 요구를 충족시키는 새로운 전극 재료를 탐색하는 것이 포함됩니다. 또한, 녹색 제조 및 지속 가능한 개발에 대한 세계적인 강조는 비 방사성 전극의 개발 및 적용을 촉진했으며, 순수 텅스텐 전극은 환경 친화적인 특성으로 인해 이러한 추세에서 이점을 가지고 있습니다. 미래에는 새로운 에너지, 항공 우주 및 고급 장비 제조의 추가 개발과 함께 순수 텅스텐 전극의 응용 전망이 더 넓어 질 것입니다.



CTIA GROUP LTD 의 순수 텅스텐 전극

2 장 : 순수 텅스텐 전극의 특성

2.1 순수 텅스텐 전극의 물리적 특성

순수 텅스텐 전극 (WP 전극)은 우수한 물리적 특성으로 인해 용접 산업에서 중요한 위치를 차지합니다. 높은 용점, 고밀도, 우수한 열전도율, 낮은 열팽창 계수 및 낮은 증기압으로 인해 텅스텐 아르곤 아크 용접 (TIG 용접), 특히 AC 용접 (AC)에서 없어서는 안될 재료입니다. 다음은 순수 텅스텐 전극의 물리적 특성에 대한 자세한 설명입니다.

2.1.1 순수 텅스텐 전극의 녹는점 및 끓는점

텅스텐은 순수한 텅스텐 전극의 경우 용점이 3422°C (약 3695 K)이고 끓는점이 5660°C (약 5933 K)인 모든 금속의 용점이 가장 높은 원소입니다. 이 기능을 통해 순수 텅스텐 전극은 고온 아크 환경 (약 $6000\text{--}7000^{\circ}\text{C}$)에서 구조적 무결성을 유지하여 전극 용융 또는 과도한 소손의 위험을 줄일 수 있습니다. TIG 용접에서 높은 용점은 전극이 고전류($100\text{--}300\text{ A}$)에서 안정적인 말단 모양을 유지할 수 있도록 하며, 특히 알루미늄 및 마그네슘과 같은 경금속을 AC 용접할 때 전극이 반구형 끝을 형성할 수 있어 아크의 균일한 분포에 기여합니다. 그러나 높은 용점은 또한 순수한 텅스텐 전극이 가공 중에 더 높은 에너지 입력을 필요로 하여 생산 비용을 증가시킨다는 것을 의미합니다.

2.1.2 순수 텅스텐 전극의 밀도

순수 텅스텐 전극의 밀도는 25°C 에서 19.3 g/cm^3 이며, 이는 금 (19.32 g/cm^3)에 가깝고 강철 (7.8 g/cm^3)의 2.5 배에 가깝습니다. 고밀도는 전극에 우수한 기계적 안정성과 진동 저항을 제공하고 용접 과정에서 아크에 의해 생성된 충격력을 견딜 수 있어 끝 변형 또는 파손의 위험을 줄일 수 있습니다. 또한, 높은 밀도는 순수한 텅스텐 전극을 평형추 및 항공 우주 응용 분야에서 잠재적 인 응용 분야로 만듭니다. 그러나 높은 밀도는 전극의 무게를 증가시키며, 이는 경량 설계가 필요한 일부 용접 장비에서는 어려울 수 있습니다.

2.1.3 순수 텅스텐 전극의 열 및 전기 전도성

순수 텅스텐 전극은 열 및 전기 전도성이 우수하고 열전도율은 약 $173\text{ W/m}\cdot\text{K}$ (실온)이며 전기 전도도는 약 30 % IACS (International Annealed Copper Standard)입니다. 우수한 열전도율로 인해 전극은 아크에 의해 생성된 열을 빠르게 발산할 수 있어 전극 과열 위험을 줄이고 서비스 수명을 연장할 수 있습니다. 우수한 전기 전도성은 전극이 용접 공정 중에 전류를 효율적으로 전달하고 안정적인 아크를 유지할 수 있도록 합니다. 그러나 순수한 텅스텐은 구리에 비해 전기 전도도가 낮기 때문에 (열전도율 약 $400\text{ W/m}\cdot\text{K}$, 전도도 100 % IACS) 전극이 과열되어 고전류 DC 용접 (DC)에서 아크 안정성에 영향을 줄 수 있습니다. 따라서 순수한 텅스텐 전극은 AC 용접 시나리오에 더 적합합니다.

2.1.4 순수 텅스텐 전극의 열팽창 계수

순수한 텅스텐 전극은 약 $4.5\times 10^{-6}/\text{K}$ ($20\text{--}1000^{\circ}\text{C}$)의 낮은 열팽창 계수를 갖습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

열팽창 계수가 낮다는 것은 고온 용접 시 전극의 치수 변화가 거의 없어 형상과 치수 안정성을 유지하고 열 응력으로 인한 균열이나 변형을 줄인다는 것을 의미합니다. 이는 항공우주 부품과 같은 정밀 용접에서 특히 중요합니다. 그러나, 낮은 열팽창 계수는 또한 순수 텅스텐 전극이 열팽창 계수가 공정 최적화 (예 : 예열)에 의해 완화되어야 하는 기관 (예 : 강철 또는 알루미늄)의 계수와 상당히 다를 때 계면 응력을 생성 할 수 있습니다.

2.1.5 순수 텅스텐 전극의 증기압

고온에서 순수 텅스텐 전극의 증기압은 3000 °C 에서 0 Pa 에 불과하여 매우 낮습니다 [2]. 증기압이 낮다는 것은 고온 아크 환경에서 전극이 매우 낮아 전극 재료의 기화 손실을 줄이고 전극 수명을 연장한다는 것을 의미합니다. 이는 산업 생산의 자동 용접과 같은 장기 연속 용접에서 특히 중요합니다. 그러나 매우 높은 온도(예: 끓는점 근처)에서는 증기압이 크게 증가하여 전극에서 약간의 손실이 발생하고 아크의 안정성에 영향을 줄 수 있습니다.

2.2 순수 텅스텐 전극의 화학적 성질

순수한 텅스텐 전극의 화학적 특성은 주로 화학적 안정성, 내산화성 및 다른 원소와의 반응성에 반영됩니다. 이러한 특성은 다양한 용접 환경에서 전극의 적합성과 내구성을 결정합니다.

2.2.1 순수 텅스텐 전극의 화학적 안정성

텅스텐은 실내 및 중저온에서 화학적으로 매우 안정적이며 대부분의 산, 염기 또는 염 용액과 반응하지 않으며 농축 질산 또는 불산과 같은 강하게 산화하는 산에서만 천천히 용해됩니다. TIG 용접에서 순수 텅스텐 전극은 일반적으로 아르곤 또는 헬륨과 같은 불활성 가스의 보호 하에서 작동하며, 이는 화학적으로 안정하고 용접 환경에서 부식에 저항하여 깨끗한 표면과 아크 안정성을 유지합니다. 그러나 불활성 가스 분위기 (예 : 산소 또는 수증기를 포함하는 대기)에서는 텅스텐의 화학적 안정성이 감소하고 전극 표면의 산화를 피하기 위해 공정 제어가 필요합니다.

2.2.2 순수 텅스텐 전극의 내산화성

순수한 텅스텐 전극은 고온에서 내산화성이 좋지 않으며 약 400 °C 이상에서 산소와 반응하기 시작하여 삼산화 텅스텐 (WO_3)을 형성합니다.), 산화 속도는 더 높은 온도(예: 800°C 이상)에서 크게 가속됩니다[21]. TIG 용접에서 불활성 가스 보호는 전극 산화를 효과적으로 방지할 수 있지만 보호 가스 흐름이 충분하지 않거나 중단되면 전극 표면에 노란색 또는 파란색 산화물 층이 빠르게 형성되어 아크 불안정 또는 전극 고장을 초래할 수 있습니다. 따라서 용접 작업 중 안정적인 가스 보호를 보장하고 전극의 표면 상태를 정기적으로 점검해야 합니다. 또한, 순수한 텅스텐 전극은 회토류 산화물 (예: 세륨 텅스텐 또는 란탄 텅스텐 전극)로 도핑 된 전극만큼 내산화성이 없어 일부 가혹한 환경에서의 적용을 제한합니다.

2.2.3 순수 텅스텐 전극과 다른 원소의 반응성

순수한 텅스텐 전극은 고온에서 다른 원소 (예 : 탄소, 질소, 수소)와 덜 반응하지만

특정 조건에서 반응 할 수 있습니다. 예를 들어, CO 또는 CH₄와 같은 탄소 함유 분위기에서 텅스텐은 텅스텐 카바이드 (WC)를 형성하여 표면 경도는 증가하지만 취성은 증가하여 용접성에 영향을 미칠 수 있습니다. 질소 함유 분위기에서 텅스텐은 질화 텅스텐 (WN)을 형성 할 수 있지만 반응 속도가 느리고 전극 성능에 미치는 영향이 제한적입니다. 또한 텅스텐은 용융 풀의 금속(예: 알루미늄, 마그네슘)과 화학 반응이 거의 없어 용접의 순도를 보장합니다. 이러한 특성으로 인해 순수한 텅스텐 전극은 고순도 재료 용접에 적합하지만 활성 대기와의 직접적인 접촉은 피하십시오.

2.3 순수 텅스텐 전극의 전기적 특성

순수 텅스텐 전극의 전기적 특성은 아크 시작 성능, 아크 안정성 및 전극 소비율을 포함하여 TIG 용접의 성능에 직접적인 영향을 미칩니다. 다음은 전자 작업 유도, 아크 안정성 및 전극 소비율의 세 가지 측면에서 분석됩니다.

2.3.1 순수한 텅스텐 전극의 전자 일

전자 작업은 재료에서 뜨거운 전자를 방출하는 어려움의 척도이며, 순수한 텅스텐 전극의 전자 작업은 약 4.52 eV 로 상대적으로 높습니다. 높은 전자 작업은 전극이 용접 초기 단계에서 아크를 시작하기 위해 더 높은 전압이 필요하다는 것을 의미하며, 특히 DC 용접에서는 아크 시작 성능이 좋지 않고 비 아크 또는 아크 점프가 발생하기 쉽습니다. 교류(AC)에서 교류의 양수 및 음극 반주기의 교대 효과는 아크의 어려움을 부분적으로 완화할 수 있지만 더 높은 아크 전압은 여전히 필요합니다. 대조적으로, 희토류 산화물 (예 : 세륨 텅스텐 전극, 약 2.7-3.0 eV 의 전자 작용)로 도핑 된 전극은 더 나은 아크 개시 성능을 가지며, 이는 DC 용접에서 순수 텅스텐 전극의 제한된 적용의 주된 이유입니다.

2.3.2 순수 텅스텐 전극의 아크 안정성

아크 안정성은 용접 공정 중에 연속적이고 균일하게 유지되는 아크의 능력을 나타냅니다. 순수 텅스텐 전극은 높은 용점과 열전도율이 균일 한 아크 에너지 분포를 보장하기 위해 안정된 전극 모양 (반구형)을 유지할 수 있기 때문에 AC 용접에서 우수한 아크 안정성을 가지고 있습니다. 그러나 DC 용접에서는 특히 저전류(<50A) 또는 고주파에서 높은 전자 작업과 낮은 열 전자 방출 효율로 인해 아크가 드리프트 또는 중단되기 쉽습니다. 또한 전극 표면 오염(예: 산화물 또는 오일)은 아크 안정성을 더욱 감소시킬 수 있으므로 전극 부품을 깨끗하게 유지하기 위해 정기적으로 연마해야 합니다.

2.3.3 순수 텅스텐 전극의 전극 소비율

전극 소비율은 용접 공정 중 용융, 증발 또는 기계적 손실로 인해 전극이 감소하는 속도를 나타냅니다. 텅스텐 전극은 높은 전자 탈출 작업으로 인해 특히 고전류 (>200 A) 또는 장기 연속 용접에서 높은 전극 소비율을 가지며 이는 높은 전극 온도로 이어져 재료 휘발 및 소진을 가속화합니다. AC 용접에서 반구형 단부의 형성은 부분적으로 소비 속도를 늦추지만 DC 양극 연결 (DCSP)에서는 전극 소비율이 도핑 된 전극 (예 : 세륨 텅스텐 또는 란탄 텅스텐 전극)보다 훨씬 높습니다. 소비율을 줄이려면 용접 매개변수(예: 전류, 가스 흐름)를 최적화해야 하며 팁 각도를 유지하기

위해 전극을 정기적으로 날카롭게 해야 합니다.

2.4 순수 텅스텐 전극의 기계적 성질

순수 텅스텐 전극의 기계적 성질에는 경도, 취성, 연성 및 고온 강도가 포함되며, 이는 생산, 가공 및 사용에서의 성능을 결정합니다.

2.4.1 순수 텅스텐 전극의 경도 및 취성

순수한 텅스텐 전극은 매우 높은 경도를 가지며 실온에서 비커스 경도 (HV)는 약 350-450이며 텅스텐 카바이드 (HV 약 500)에 가깝습니다. 그것의 높은 경도는 그것에게 우수한 착용 저항을 주고 아크 충격 및 기계적인 착용을 저항할 수 있습니다. 그러나 텅스텐(body centered cube)의 결정 구조로 인해 특히 실온에서 매우 부서지기 쉽고 부서지기 쉽습니다. 생산 과정에서 고온 단조 및 어닐링으로 취성이 감소하지만 완성된 전극은 낙하나 충격으로 인한 파손을 방지하기 위해 여전히 조심스럽게 다루어야 합니다. 용접에서 전극의 높은 경도는 끝 형태를 유지하는 데 도움이 되지만 취성은 끝 부분에 미세 균열을 일으켜 아크 안정성에 영향을 줄 수 있습니다.

2.4.2 순수 텅스텐 전극의 연성

순수한 텅스텐 전극의 연성은 열악하고 실온에서 소성 변형 능력이 거의 없으며 파단 연신율은 0 %에 가깝습니다. 고온 (>1200 °C)에서 텅스텐은 연성이 약간 향상되었으며 단조 또는 와이어 드로잉으로 형성 할 수 있습니다. 그러나 고온에서의 연성은 여전히 제한적이며 균열을 방지하기 위해 가공 중에 온도와 변형 속도를 엄격하게 제어해야 합니다. 용접 응용 분야에서 연성이 낮으면 전극이 복잡한 모양의 용접 요구 사항에 적응하기 어렵지만 높은 경도와 안정성이 이러한 단점을 보완합니다.

2.4.3 순수 텅스텐 전극의 고온 강도 및 크리프 저항

순수한 텅스텐 전극은 고온에서 우수한 고온 강도와 크리프 저항을 갖는다. 2000°C 이상에서는 인장 강도가 여전히 100-200MPa 에 도달할 수 있으며 크리프 저항은 대부분의 금속을 훨씬 능가합니다. 이 특성을 통해 전극은 고온 아크 환경에서 기계적 안정성을 유지하여 열 응력으로 인한 변형 또는 파괴를 줄일 수 있습니다. 크리프 저항은 단자 형태의 안정성을 보장하고 장기간 연속 용접 중에 서비스 수명을 연장합니다. 그러나 고온에서 입자가 성장하면 강도가 감소할 수 있으며, 소결 온도 제어와 같은 생산 공정 최적화를 통한 결정립 정제가 필요합니다.

2.5 순수 텅스텐 전극과 다른 텅스텐 전극의 비교

순수 텅스텐 전극 및 기타 도핑 된 텅스텐 전극 (예 : 세륨 텅스텐, 란탄 텅스텐, 토륨 텅스텐, 이트륨 텅스텐 및 지르코늄 텅스텐 전극)의 성능에는 상당한 차이가 있습니다. 다음은 용접 성능, 적용 시나리오, 장점 및 단점 측면을 비교한 것입니다.

2.5.1 순수 텅스텐 전극 및 세륨 텅스텐 전극

세륨 텅스텐 전극 (WC 전극)은 텅스텐 매트릭스에 2 % -4 % 산화 세륨 (CeO₂)으로 도핑되어 있으며, 색상 눈금은 회색입니다. 세륨 - 텅스텐 전극의 전자 작업은 낮고

(약 2.7-3.0 eV), 아크 개시 성능은 특히 저전류 DC 용접 (<100 A)에서 순수 텅스텐 전극보다 우수합니다. 또한, 세륨 텅스텐 전극은 높은 아크 안정성과 낮은 전극 소비율을 가지며 이는 스테인레스 스틸, 탄소강 및 기타 재료의 DC 용접에 적합합니다. 대조적으로, 순수한 텅스텐 전극은 아크가 어렵고 DC 용접에서 불안정하지만 비용이 저렴하고 알루미늄 및 마그네슘 합금의 AC 용접에 적합합니다. 세륨 텅스텐 전극은 비 방사성이며 환경 보호 요구 사항을 충족하지만 고전류 AC 용접에서는 끝이 불규칙한 모양을 형성하기 쉽고 아크 안정성은 순수한 텅스텐 전극만큼 좋지 않습니다.

2.5.2 순수 텅스텐 전극 및 란탄 텅스텐 전극

란탄 텅스텐 전극 (WL 전극)은 1 % -2 % 란탄 산화물 (La_2O_3)로 도핑되어 있으며 파란색 또는 금색으로 착색됩니다. 란탄 텅스텐 전극의 전자 작업은 약 2.8-3.2 eV 이며, 아크 시작 성능 및 아크 안정성은 DC 및 AC 용접에 적합한 순수 텅스텐 전극보다 우수합니다. 전극 소비율이 낮고 고온에서 안정적인 말단 형태는 고정밀 용접(예: 항공우주 부품)에 적합합니다. 순수한 텅스텐 전극은 AC 용접에서 끝에 안정된 반구형 모양을 형성하여 알루미늄 합금 용접에 적합하지만 DC 용접에서는 성능이 좋지 않습니다. 또한, 란탄 텅스텐 전극의 생산 비용은 순수 텅스텐 전극의 생산 비용보다 높기 때문에 저비용 응용 분야에서의 홍보를 제한합니다.

2.5.3 순수 텅스텐 전극 및 토륨 텅스텐 전극

토륨 텅스텐 전극 (WT 전극)은 1 % -2 % 산화 토륨 (ThO_2)으로 도핑되어 있으며 빨간색 또는 노란색으로 착색됩니다. 토륨 텅스텐 전극은 전자 작업 (약 2.6 eV)이 가장 낮고 아크 개시 성능 및 아크 안정성이 우수하며 탄소강, 스테인리스강 및 니켈 합금의 DC 용접에 널리 사용됩니다. 전극 소비율이 낮아 높은 허용 전류 밀도(>200A)를 허용합니다. 그러나 산화토륨은 방사성(방사선량 약 $3.60 \times 10^4 \text{ Curie/kg}$)이며 인간과 환경에 잠재적으로 해롭습니다[17]. 순수한 텅스텐 전극은 비방사성, 저비용, AC 용접에 적합하지만 DC 용접의 성능은 토륨 텅스텐 전극보다 훨씬 열등합니다. 현재 토륨 - 텅스텐 전극은 엄격한 환경 보호 요구 사항이있는 영역에서 세륨 - 텅스텐 또는 란탄 텅스텐 전극으로 점차적으로 대체됩니다.

2.5.4 순수 텅스텐 전극 및 이트륨 텅스텐 전극

진한 파란색 코드 인 2 % 이트륨 산화물 (Y_2O_3)이 도핑 된 이트륨 텅스텐 전극 (WY 전극)은 주로 군사 및 항공 우주 분야의 DC 용접에 사용됩니다. 이트륨-텅스텐 전극의 전자 작업은 약 2.9eV 이며 아크 개시 성능 및 아크 안정성이 우수하고 전극 소비가 낮으며 고전류 용접(예: 티타늄 합금)에 적합합니다. 순수한 텅스텐 전극은 어려운 아크 시작과 아크 불안정성 때문에 이러한 분야에서 거의 사용되지 않습니다. 이트륨 - 텅스텐 전극은 생산 비용이 높고 시장 응용 분야의 범위가 좁은 반면, 순수한 텅스텐 전극은 AC 용접에 대한 경제성과 적합성으로 인해 여전히 널리 사용됩니다.

CTIA GROUP LTD

Pure Tungsten electrode Introduction

1. Overview of Pure Tungsten Electrode

Pure tungsten electrodes are electrode materials made primarily from high-purity tungsten (content $\geq 99.95\%$) through powder metallurgy processes, including pressing, sintering, forging, and precision machining. They contain no rare earth or alloying elements, making them the most basic type of tungsten electrodes. They are widely used in welding and plasma applications that require high temperatures and high current density.

2. Main Applications of Pure Tungsten Electrode

TIG Welding (Tungsten Inert Gas Welding): Especially suitable for DC welding of reactive metals such as magnesium, aluminum, and titanium (using DCEN).

Plasma Cutting and Spraying: Used as electrode materials for high-temperature ion sources.

Electronic Devices: Serves as cathodes or supporting components in vacuum devices such as electron tubes and discharge tubes.

High-Temperature Furnace Electrodes: Used as heating electrodes in resistance furnaces operating in inert atmospheres or vacuum environments.

Scientific Research and Experimental Applications: Involved in high-temperature and high energy-density experiments.

3. Basic Data of Pure Tungsten Electrode

Item	Parameter
Chemical Composition (W)	$\geq 99.95\%$
Melting Point	3410°C
Density	19.3 g/cm^3
Electrical Conductivity (20°C)	$\sim 30\% \text{ IACS}$
Hardness (HV)	340 – 400 HV
Thermal Conductivity	$170 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Operating Current Range	DCEN, depends on diameter and base metal
Electrode Diameter Range	$\varnothing 0.5 \text{ mm} \sim \varnothing 6.4 \text{ mm}$ (customizable)
Electrode Length	Standard lengths: 150 mm and 175 mm (customizable)
Applicable Standard	ISO 6848 (Tungsten electrodes for welding)

4. Supply Form and Packaging of Pure Tungsten Electrode

Form: Polished rods, with customized ground tips

Standard Packaging: 10 pieces per plastic box, outer carton with shock-resistant protection

Customization: Dimensions, packaging, and tips can be customized

5. Procurement Information

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

Website: www.tungsten.com.cn

저작권 및 법적 책임 선언문

2.5.5 순수 텅스텐 전극 및 지르코늄 텅스텐 전극

0.3 % -0.8 % 지르코니아 (ZrO_2)로 도핑 된 지르코늄 - 텅스텐 전극 (WZ 전극)은 색상 코드는 갈색 또는 흰색이며 AC 용접 용으로 설계되었습니다. 지르코늄 텅스텐 전극의 전자 작용은 약 4.0 eV 로 순수 텅스텐 전극보다 약간 낮으며 아크 개시 성능이 약간 우수하고 아크 안정성이 높아 알루미늄 및 마그네슘 합금의 AC 용접에 적합합니다. 전극 소비율은 순수 텅스텐 전극보다 낮고 끝 모양이 더 안정적입니다. 순수 텅스텐 전극은 AC 용접에서 지르코늄 텅스텐 전극에 가깝지만 비용이 저렴하고 비용에 민감한 응용 분야에 적합합니다. 지르코늄 텅스텐 전극의 생산 공정은 복잡하고 가격이 높아 시장 점유율이 제한됩니다.

2.6 CTIA GROUP LTD 의 순수 텅스텐 전극 MSDS

물질 안전 보건 자료 (MSDS)는 순수 텅스텐 전극의 안전한 사용, 보관 및 폐기를 설명하는 중요한 문서입니다. 다음은 순수 텅스텐 전극 MSDS 의 주요 내용을 요약한 것입니다.

파트 I: 제품 이름

이름 : 순수 텅스텐 전극 (WP)

CAS 번호:7440-33-7

파트 II: 작곡/작곡 정보

주요 내용 $\geq 99.95\%$

총 불순물 함량 $\leq 0.05\%$

파트 III: 위험 개요

건강 위험: 이 제품은 눈과 피부에 자극을 주지 않습니다.

폭발 위험: 이 제품은 불연성이며 자극성이 없습니다.

파트 IV: 응급 처치 방법

피부 접촉: 오염된 의복을 벗고 흐르는 물로 충분히 행굽니다.

눈 접촉: 눈꺼풀을 들어 올리고 흐르는 물이나 식염수로 행굽니다. 치료.

흡입: 현장에서 신선한 공기가 있는 곳으로 옮기십시오. 호흡이 곤란하면 산소를 공급하십시오. 치료.

섭취: 구토를 유도하기 위해 따뜻한 물을 충분히 마십니다. 치료.

파트 V: 화재 예방 조치

유해한 연소 생성물: 자연 분해 생성물은 알려져 있지 않습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

소화 방법: 소방관은 방독면과 전신 소방복을 착용하여 바람이 부는 방향으로 화재를 진압해야 합니다. 소화제: 건조 가죽 가루, 모래.

파트 VI: 유출물의 비상 처리

응급 처치: 누출 오염 지역을 격리하고 접근을 제한합니다. 불의 근원을 차단하십시오. 응급 구조원은 방진 마스크(전면 마스크)와 보호복을 착용하는 것이 좋습니다. 먼지를 피하고 조심스럽게 끌어 올려 가방에 넣고 안전한 장소로 옮깁니다. 누출량이 많으면 플라스틱 천이나 캔버스로 덮으십시오. 수거 및 재활용하거나 폐기물 처리장으로 운송하여 폐기합니다.

파트 VII: 취급, 취급 및 보관

작동 시 주의사항: 작업자는 특별 교육을 받아야 하며 작동 절차를 엄격히 따라야 합니다. 작업자는 자체 프라임 필터 방진 마스크, 화학 안전 안경, 독 침투 작업복 및 고무 장갑을 착용하는 것이 좋습니다. 화기 및 열원에서 멀리 보관하고 직장 내 흡연은 엄격히 금지되어 있습니다. 방폭 환기 시스템 및 장비를 사용하십시오. 먼지 발생을 피하십시오. 산화제 및 할로젠과의 접촉을 피하십시오. 취급 시 포장 및 용기의 손상을 방지하기 위해 가볍게 적재 및 하역해야 합니다. 해당 품종과 수량의 소방 장비 및 누출 응급 치료 장비를 갖추고 있습니다. 빈 용기에는 유해 물질이 남을 수 있습니다.

보관 주의 사항: 서늘하고 통풍이 잘되는 창고에 보관하십시오. 화기 및 열원에서 멀리 보관하십시오. 산화제 및 할로젠과 분리하여 보관해야 하며 혼합해서는 안 됩니다. 해당 다양성과 수량의 소방 장비를 갖추고 있습니다. 보관 장소에는 유출을 담을 수 있는 적절한 재료가 구비되어 있어야 합니다.

파트 VIII: 노출 제어/개인 보호

중국 MAC(mg/m³): 6

소련 MAC(mg/m³): 6

TLVTN : ACGIH 1mg / m³

TLVWN : ACGIH 3mg / m³

모니터링 방법: 칼륨 티오시안화물-염화티타늄 분광 발광 방법

엔지니어링 제어: 생산 공정은 먼지가 없고 완전히 환기됩니다.

호흡기 보호: 공기 중의 먼지 농도가 기준을 초과하는 경우 자체 프라임 필터 방진 마스크를 착용해야 합니다. 비상 대피의 경우 공기 호흡 장치를 착용해야 합니다.

눈 보호: 화학 물질 보안경을 착용하십시오.

신체 보호: 독 침투 방지 작업복을 착용하십시오.

손 보호: 고무 장갑을 착용하십시오.

파트 IX: 물리 화학적 특성

저작권 및 법적 책임 선언문

주성분 : 순수
외관 및 속성 : 단단하고 밝은 흰색 금속
녹는점(°C): N/A
끓는점 (°C): N/A
상대밀도 (물 = 1): 13~18.5 (20 °C)
증기 밀도 (공기 = 1): 데이터 없음
포화 증기압 (kPa): 사용 가능한 데이터 없음
연소열(kJ/mol): 데이터 없음
임계 온도(°C): 사용 가능한 데이터 없음
임계 압력(MPa): 사용 가능한 데이터 없음
물 분배 계수의 로그: 데이터 없음
인화점(°C): 사용 가능한 데이터 없음
점화 온도 (°C): 데이터 없음
폭발 한계 % (V/V): 데이터 없음
폭발 하한 % (V/V): 데이터 없음
용해도 : 질산, 불산에 용해
주요 용도 : 차폐 부품, 텅스텐 합금 닥트 샤프트, 텅스텐 합금 볼 등을 만드는 데
사용됩니다

파트 X: 안정성 및 반응성
금지 물질: 강산 및 알칼리.
파트 11:

급성 독성: 사용 가능한 데이터 없음
LC50: 데이터가 없습니다

파트 XII: 생태 데이터

이 섹션에 대한 데이터가 없습니다.

파트 XIII: 폐기

폐기물 처리 방법: 폐기하기 전에 관련 국가 및 지역 법률과 규정을 참조하십시오.
가능하면 재활용하십시오.

파트 XIV: 배송 정보

위험물 번호: 정보 없음

포장 카테고리: Z01

운송 시 주의사항: 배송 시 포장에 완료되어야 하며 적재가 안전해야 합니다. 운송
중에는 용기가 누출, 붕괴, 낙하 또는 손상되지 않도록 해야 합니다. 산화제, 할로젠,
식용 화학 물질 등과 혼합하는 것은 엄격히 금지되어 있습니다. 운송 중에는 태양, 비

저작권 및 법적 책임 선언문

및 고온에 노출되지 않도록 보호해야 합니다. 차량은 운송 후 철저히 청소해야 합니다.

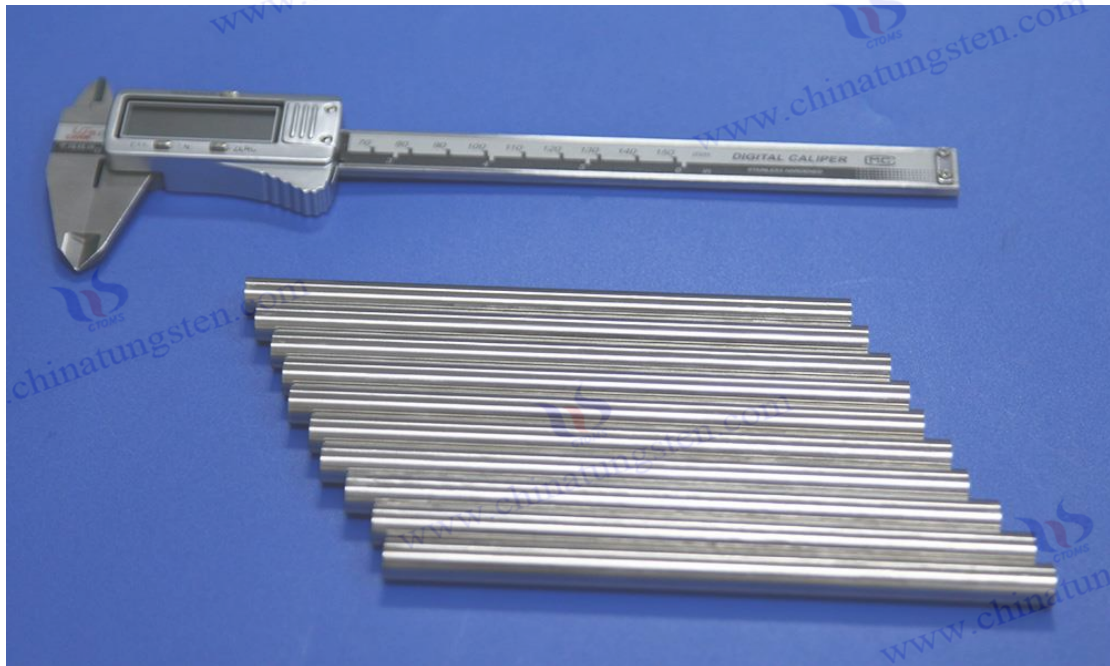
파트 XV: 규정 정보

규제 정보: 위험 화학 물질의 안전 관리에 관한 규정(1987년 2월 17일 국무원 공포), 위험 화학 물질의 안전 관리에 관한 규정 시행을 위한 세부 규칙(Hua Lao Fa [1992] No. 677), 작업장 내 화학 물질의 안전한 사용에 관한 규정([1996] Lao Bu Fa No. 423) 및 기타 법률 및 규정, 위험한 화학물질의 안전한 사용, 생산, 저장, 수송, 선적 및 내리기에 대응 지침을 만들었는지 어느 것이; 작업장 공기 중 텅스텐에 대한 위생 표준 (GB 16229-1996)은 작업장 공기에서 이 물질의 최대 허용 농도 및 검출 방법을 규정합니다.

파트 XVI: 공급업체 정보

공급 업체: CTIA GROUP LTD

전화: 0592-5129696/5129595



CTIA GROUP LTD 의 순수 텅스텐 전극

제 3 장 : 순수 텅스텐 전극의 제조 및 생산 기술

순수 텅스텐 전극 (WP 전극)의 제조는 원료 추출에서 완성 된 전극의 성형에 이르기까지 미네랄 야금, 분말 야금, 압력 가공 및 표면 처리를 포함하는 다학문 간 학제를 포함하는 고정밀 공정입니다. 전극의 고순도, 균일성 및 우수한 용접 성능을 보장하기 위해 모든 단계에서 공정 매개변수의 엄격한 제어가 필요합니다. 이 장에서는 원료 준비, 분말 야금, 압력 가공, 표면 처리, 품질 관리, 기술적 어려움 및 혁신 방향을 다루는 순수 텅스텐 전극의 제조 및 생산 기술에 대해 자세히 설명합니다.

3.1 순수 텅스텐 전극 원료의 준비

순수한 텅스텐 전극의 제조는 원료의 선택 및 취급으로 시작됩니다. 희귀 금속으로서 텅스텐은 주로 텅스텐 광석의 형태로 자연에 존재하며, 그 제조 공정은 광석에서 고순도 텅스텐 화합물을 추출하고 고순도 텅스텐 분말로 추가 가공해야 합니다. 이 단계의 공정은 전극의 순도와 성능을 직접 결정합니다.

3.1.1 텅스텐 광석의 추출 및 정제

텅스텐 광석의 추출 및 정제는 순수한 텅스텐 전극 생산의 첫 번째 단계이며, 주로 자연에서 텅스텐 광석을 취하여 고순도 텅스텐 화합물로 변환하는 것을 포함합니다. 세계의 텅스텐 광석 자원은 주로 중국, 러시아, 캐나다 및 호주에 분포되어 있으며 그 중 중국은 세계 매장량의 절반 이상을 차지합니다. 일반적인 텅스텐 광석에는 볼프라마이트 (주로 FeWO_4 및 MnWO_4)와 셀 라이트 (주로 CaWO_4)가 포함됩니다. 높은 텅스텐 함량과 쉬운 선광 특성으로 인해 wolframite 는 순수한 텅스텐 전극 제조의 주요 원료입니다.

텅스텐 광석은 일반적으로 노천광 또는 지하 채광 방법으로 추출되며, 채굴 된 광석은 분쇄 및 분쇄되어 후속 선광을 위해 작은 입자 크기의 미세한 입자를 생성합니다. 선광 공정에는 중력 선광, 부유 선광 및 자기 분리가 포함되며, 이를 통해 텅스텐 광물을 다른 불순물 (예 : 규산염, 황화물)과 분리하여 고급 텅스텐 정광을 얻습니다. 텅스텐 농축액의 텅스텐 함량은 일반적으로 정제 요구 사항을 충족하기 위해 특정 표준을 충족해야 합니다.

정화 과정은 주로 습식 제련으로 이루어집니다. 첫째, 텅스텐 농축액을 수산화 나트륨 또는 탄산나트륨 용액과 반응시켜 텅스텐 산 나트륨 (Na_2WO_4) 용액을 생성한다. 이 공정은 반응의 효율성을 향상시키기 위해 고온 및 고압에서 수행해야 합니다. 그 후, 실리콘, 철 등과 같은 불용성 불순물은 여과에 의해 용액에서 제거됩니다. 다음으로, 텅스텐 산 나트륨은 염산과 같은 산을 첨가하여 텅스텐 산 (H_2WO_4) 침전물로 전환된다. 세척 및 건조 후, 텅스텐 산 침전물을 더 소성하여 고순도 텅스텐 분말의 제조를 위한 중간 제품인 삼산화 텅스텐 (WO_3)을 생성한다. 전체 정제 공정은 용액의 pH 값, 온도 및 반응 시간을 엄격하게 제어하여 불순물 잔류 물을 최소화하고 삼산화 텅스텐의 순도를 보장하며 후속 공정의 기초를 마련해야 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

3.1.2 고순도 텅스텐 분말의 제조

고순도 텅스텐 분말은 순수한 텅스텐 전극 제조의 핵심 원료이며, 순도, 입자 크기 및 형태는 전극의 성능에 직접적인 영향을 미칩니다. 텅스텐 분말의 제조는 일반적으로 수소 환원법에 의해 생성되는 출발 물질로 삼산화 텅스텐으로 만들어집니다. 특정 프로세스는 다음 단계로 구성됩니다.

첫째, 삼산화 텅스텐을 환원로에 넣고 고순도 수소를 고온에서 도입하여 삼산화 텅스텐을 텅스텐 금속 분말로 점차적으로 환원시킵니다. 환원 공정은 두 단계로 나뉩니다 : 첫 번째 단계는 더 낮은 온도에서 삼산화 텅스텐을 이산화 텅스텐(WO_2)으로 환원시키고 두 번째 단계는 더 높은 온도에서 텅스텐 금속을 금속으로 환원시킵니다. 이 공정은 과도하거나 응집된 텅스텐 분말 입자를 피하기 위해 온도 구배, 수소 유속 및 감소 시간을 정밀하게 제어해야 합니다. 환원된 텅스텐 분말을 체질하고 청소하여 잔류 산화물과 불순물을 제거합니다.

순수한 텅스텐 전극의 고순도 요구 사항을 충족하려면 텅스텐 분말의 순도는 일반적으로 99.95 % 이상에 도달해야 하며 불순물 함량 (예 : 철, 니켈, 실리콘, 산소)은 미량 수준에서 엄격하게 제어해야 합니다. 또한 텅스텐 분말의 입자 크기 분포와 형태도 중요합니다. 입자 크기가 너무 크면 소결체의 밀도가 부족해질 수 있고, 입자 크기가 너무 작으면 압축이 어려워질 수 있습니다. 따라서, 텅스텐 분말의 평균 입자 크기는 일반적으로 1-5 미크론의 범위에서 제어되며, 입자 형태는 유동성 및 압축 성능을 향상시키기 위해 거의 구형에 가까운 것이 바람직합니다.

최근 몇 년 동안 일부 기업은 플라즈마 환원 또는 화학 기상 증착과 같은 첨단 기술을 채택하여 초미세 텅스텐 분말을 제조하여 분말의 순도와 균일성을 더욱 향상시킵니다. 이러한 기술은 비용이 많이 들지만 고성능 전극 생산에 상당한 이점을 제공합니다.

3.2 순수 텅스텐 전극의 분말 야금 공정

분말 야금은 순수 텅스텐 전극 준비의 핵심 공정으로, 프레스, 소결 및 열처리를 통해 텅스텐 분말을 고밀도 및 고강도 텅스텐 몸체로 변환합니다. 이 공정은 전극의 밀도와 기계적 특성을 보장하기 위해 고온, 압력 및 진공에서 수행됩니다.

3.2.1 텅스텐 분말 압착 성형

텅스텐 분말 압착 성형은 고순도 텅스텐 분말을 특정 모양과 강도를 가진 녹색 몸체로 가공하는 공정입니다. 이 단계의 목표는 후속 소결의 기초를 제공하기에 균일한 밀도와 충분한 강도를 가진 녹색 몸체를 형성하는 것입니다. 프레스 공정에는 주로 냉간 등압 프레스와 성형의 두 가지 방법이 포함됩니다.

냉간 등압 프레스는 현재 가장 일반적으로 사용되는 프레스 방법으로, 텅스텐 분말을 유연한 주형 (예 : 고무 주형)에 넣고 고압 액체 매체에 넣어 균일한 압력 (보통 100-300 MPa)을 적용하여 분말 입자가 단단히 결합되도록 합니다. 냉간 등압 프레스의 장점은 균일한 압력 분포와 그린체의 일관된 밀도이며, 이는 크거나 복잡한 형상의

생산에 적합합니다. 성형은 소량 생산에 적합하며 텅스텐 분말은 강철 금형을 통한 단방향 압력에 의해 형성되지만 밀도 구배를 생성하기 쉽기 때문에 후속 공정 최적화가 필요합니다.

프레스 공정 중에 소량의 바인더(예: 폴리비닐 알코올 또는 파라핀)를 첨가하여 녹색체의 성형 강도를 높이지만 잔류 불순물을 피하기 위해 후속 소결 전에 바인더를 완전히 제거해야 합니다. 녹색 몸체의 균일 성을 보장하기 위해서는 텅스텐 분말의 충전 밀도와 가압 속도를 제어하여 균열이나 박리를 피할 필요가 있습니다.

3.2.2 소결 공정

소결은 압착체를 텅스텐의 용점 이하의 온도로 가열하여 분말 입자가 결합하여 조밀한 물질을 형성하도록 하는 과정입니다. 텅스텐의 높은 용점은 일반적으로 2000-2800 °C 사이의 고온에서 소결합니다. 산화를 피하기 위해 소결은 진공 또는 수소 차폐 분위기에서 이루어지며 일반적인 장비에는 진공 소결로 또는 수소 소결로가 포함됩니다.

소결 과정은 초기, 중기, 후기의 세 단계로 나뉩니다. 초기 단계에서 저온 (약 1000-1500 °C)에서 녹색 몸체의 바인더가 증발하고 입자 표면에 넥 연결이 형성되기 시작합니다. 중간 단계(1500-2200 °C)에서 입자 간 결합이 향상되고 녹색체가 수축하며 밀도가 점차 증가합니다. 후기 단계(2200-2800°C)에서 곡물이 성장하고 녹색 몸체는 일반적으로 이론 밀도의 95%-98%인 최대 밀도에 도달합니다. 소결 시간과 온도를 정밀하게 제어해야 하며, 너무 높은 온도나 너무 긴 유지 시간은 과도한 입자 성장으로 이어지고 녹색 물체의 기계적 특성을 감소시킬 수 있습니다.

소결 효율을 향상시키기 위해 일부 회사는 니켈 또는 코발트와 같은 미량 금속을 첨가하여 소결 온도를 낮추는 능동 소결 기술을 사용하지만 첨가제가 전극의 순도에 영향을 미치지 않도록 해야 합니다. 또한 IF 유도 소결 및 방전 플라즈마 소결(SPS)과 같은 새로운 기술이 고성능 텅스텐 전극 생산에 점차 적용되고 있으며, 이는 소결 시간을 크게 단축하고 녹색체의 밀도를 향상시킬 수 있습니다.

3.2.3 열처리 및 어닐링

소결 텅스텐 몸체는 일반적으로 내부 응력과 미세한 결함을 가지고 있으며, 이는 미세 구조를 개선하기 위해 열처리 및 어닐링으로 완화해야 합니다. 열처리는 일반적으로 진공 또는 수소 분위기에서 수행되며 온도는 1200-1800°C 로 제어되며 유지 시간은 녹색 본체의 크기 및 성능 요구 사항에 따라 조정됩니다. 열처리는 입자를 정제하고 녹색 몸체의 인성과 가공성을 향상시킵니다.

어닐링은 녹색체의 경도와 취성을 더욱 줄이고 연성을 향상시키도록 설계된 열처리의 확장 단계입니다. 어닐링 온도는 일반적으로 열처리 온도(약 800-1200°C)보다 낮고 새로운 응력을 피하기 위해 천천히 냉각됩니다. 어닐링된 몸체는 단조 및 와이어 드로잉과 같은 후속 압력 가공에 더 적합합니다.

CTIA GROUP LTD

Pure Tungsten electrode Introduction

1. Overview of Pure Tungsten Electrode

Pure tungsten electrodes are electrode materials made primarily from high-purity tungsten (content $\geq 99.95\%$) through powder metallurgy processes, including pressing, sintering, forging, and precision machining. They contain no rare earth or alloying elements, making them the most basic type of tungsten electrodes. They are widely used in welding and plasma applications that require high temperatures and high current density.

2. Main Applications of Pure Tungsten Electrode

TIG Welding (Tungsten Inert Gas Welding): Especially suitable for DC welding of reactive metals such as magnesium, aluminum, and titanium (using DCEN).

Plasma Cutting and Spraying: Used as electrode materials for high-temperature ion sources.

Electronic Devices: Serves as cathodes or supporting components in vacuum devices such as electron tubes and discharge tubes.

High-Temperature Furnace Electrodes: Used as heating electrodes in resistance furnaces operating in inert atmospheres or vacuum environments.

Scientific Research and Experimental Applications: Involved in high-temperature and high energy-density experiments.

3. Basic Data of Pure Tungsten Electrode

Item	Parameter
Chemical Composition (W)	$\geq 99.95\%$
Melting Point	3410°C
Density	19.3 g/cm^3
Electrical Conductivity (20°C)	$\sim 30\% \text{ IACS}$
Hardness (HV)	340 – 400 HV
Thermal Conductivity	$170 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Operating Current Range	DCEN, depends on diameter and base metal
Electrode Diameter Range	$\varnothing 0.5 \text{ mm} \sim \varnothing 6.4 \text{ mm}$ (customizable)
Electrode Length	Standard lengths: 150 mm and 175 mm (customizable)
Applicable Standard	ISO 6848 (Tungsten electrodes for welding)

4. Supply Form and Packaging of Pure Tungsten Electrode

Form: Polished rods, with customized ground tips

Standard Packaging: 10 pieces per plastic box, outer carton with shock-resistant protection

Customization: Dimensions, packaging, and tips can be customized

5. Procurement Information

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

Website: www.tungsten.com.cn

저작권 및 법적 책임 선언문

3.3 순수 텅스텐 전극의 압력 처리

압력 가공은 단조, 압연, 드로잉 및 드로잉 단계를 포함하여 정확한 치수와 모양으로 소결체를 전극 막대로 가공하는 프로세스입니다. 텅스텐의 경도와 취성이 높기 때문에 가공이 어렵고 연성을 향상시키기 위해 고온에서 수행해야 합니다.

3.3.1 단조 및 압연

단조는 소결 블랭크를 고온(약 1500-1800 °C)에서 망치질하거나 눌러 막대 또는 플레이트 블랭크를 만들어 변형시키는 과정입니다. 단조는 입자를 정제하고 몸체의 밀도와 강도를 증가시키지만 균열을 방지하기 위해 변형 속도를 제어해야 합니다. 단조는 일반적으로 산화를 방지하기 위해 수소 보호 분위기에서 수행됩니다.

압연은 단조 후 단조 된 블랭크가 다중 패스 압연기를 통해 더 미세한 막대 또는 와이어로 압연되는 단조 후의 추가 가공 단계입니다. 압연 온도는 재료의 표면 품질과 치수 정확도를 향상시키기 위해 점차적으로 감소합니다(1500°C에서 1000°C로). 압연 공정 중에 가공 경화 및 내부 응력을 제거하고 블랭크의 가공성을 보장하기 위해 주기적인 어닐링이 필요합니다.

3.3.2 그리기 및 그리기

와이어 드로잉은 더 작은 직경의 텅스텐 와이어 또는 전극 블랭크를 만들기 위해 다이를 통해 압연 막대를 늘리는 과정입니다. 와이어 드로잉은 텅스텐의 높은 경도를 견디기 위해 카바이드 또는 다이아몬드 다이를 사용하여 고온 (약 800-1200 °C)에서 수행됩니다. 흑연 또는 이황화 몰리브덴과 같은 윤활제는 마찰과 다이 마모를 줄이기 위해 인발 과정에서 적용됩니다. 각 드로잉 패스의 변형은 일반적으로 10%-20%로 제어되며 연성을 복원하기 위해 여러 어닐링 세션이 필요합니다.

도면은 더 작은 직경(0.5-6.4mm)의 전극 블랭크 생산을 위한 와이어 드로잉의 확장입니다. 드로잉 다이의 정확도는 전극의 표면 품질과 치수 공차에 직접적인 영향을 미치므로 정기적으로 금형을 점검하고 교체해야 합니다. 와이어 드로잉 및 드로잉의 연속 생산은 효율성을 크게 높일 수 있지만 와이어 파손을 방지하기 위해 온도와 드로잉 속도를 엄격하게 제어해야 합니다.

3.3.3 전극 바 형성

전극 막대 형성은 인발 텅스텐 와이어를 절단, 교정 및 길이로 하여 사양을 충족하는 전극 막대를 만드는 것입니다. 절단은 일반적으로 기계 또는 레이저 절단으로 절단되어 절단이 평평하고 버가 없는지 확인합니다. 교정은 바의 굽힘 및 내부 응력을 제거하기 위해 롤러 교정기에 의해 수행됩니다. 절단 길이는 고객의 요구에 따라 조정되며 일반적인 길이는 75-600mm 입니다. 형성된 막대는 균열, 굽힘 또는 산화 자국이 없는지 확인하기 위해 표면 검사를 받습니다.

3.4 순수 텅스텐 전극의 표면 처리

표면 처리는 순수 텅스텐 전극 준비의 최종 단계이며 세척, 연마 및 녹색 헤드 마킹을 포함하여 전극의 표면 품질, 용접성 및 인식을 향상시키는 것을 목표로 합니다.

3.4.1 청소 및 연마

세척은 일반적으로 화학적 세척과 초음파 세척의 조합을 사용하여 성형 바 표면에서 오일, 산화물 및 불순물을 제거하는 과정입니다. 화학적 세척은 알칼리성 용액(예: 수산화나트륨) 또는 산성 용액(예: 묽은 질산)을 사용하여 산화물 층을 제거한 다음 순수한 물로 행구고 건조합니다. 초음파 세척은 고주파 진동을 사용하여 작은 입자를 제거하고 깨끗한 표면을 보장합니다.

연마는 일반적으로 기계적 또는 전기화학적 연마를 통해 전극의 표면 마감을 개선하는 데 중요한 단계입니다. 기계적 연마는 연삭 휠이나 연마 천을 사용하여 표면의 미세한 흠집을 제거하고, 전기화학적 연마는 전기분해를 통해 표면을 더 매끄럽게 만듭니다. 연마된 전극의 표면 거칠기는 Ra1.6-3.2 μ m에 달하여 아크 안정성과 용접 품질을 향상시키는 데 도움이 됩니다.

3.4.2 녹색 번짐 표시

녹색 코팅 마크는 AWS A5.12 및 ISO 6848 표준을 준수하는 순수 텅스텐 전극에 대한 국제 표준 식별 방법입니다. 마킹 공정은 일반적으로 전극의 한쪽 끝에 녹색 무독성 페인트(예: 수성 환경 보호 페인트)로 코팅되어 두께가 균일하고 내마모성이 있으며 용접 성능에 영향을 미치지 않습니다. 코팅 헤드 마킹은 접착력과 내구성을 보장하기 위해 깨끗한 표면에 수행됩니다. 일부 회사에서는 마킹 효율성과 일관성을 개선하기 위해 자동 스프레이 장비를 사용합니다.

3.5 순수 텅스텐 전극의 품질 관리

품질 관리는 원료에서 완제품에 이르기까지 순수 텅스텐 전극 생산의 모든 단계를 통해 실행되며 전극의 성능과 신뢰성을 보장하기 위해 여러 수준에서 테스트해야 합니다.

3.5.1 원료 품질 검사

원료의 품질 검사는 주로 텅스텐 농축액, 삼산화 텅스텐 및 텅스텐 분말에 대한 것입니다. 텅스텐 농축액은 텅스텐 함량 및 불순물(예: 황, 인, 규소)에 대해 테스트해야 합니다. 삼산화 텅스텐은 X 선 형광 분석 (XRF) 또는 유도 결합 플라즈마 분광법 (ICP-OES)에 의해 순도 및 불순물을 테스트합니다. 텅스텐 분말은 생산 요구 사항을 충족하는지 확인하기 위해 입자 크기 분포, 형태 및 산소 함량을 테스트해야 합니다.

3.5.2 생산 공정 모니터링

생산 공정 모니터링에는 프레스, 소결, 단조, 와이어 드로잉 및 표면 처리의 실시간 감지가 포함됩니다. 압착된 녹색체의 밀도와 크기는 초음파 검출기로 확인해야 하며, 소결된 녹색체의 밀도와 입자 크기는 금속 현미경으로 분석해야 합니다. 단조 및 인발 중에는 균열이나 결함을 방지하기 위해 온도, 변형 및 표면 품질을 모니터링해야 합니다. 표면 처리 후 표면 거칠기와 코팅 품질을 확인합니다.

3.5.3 완제품 검사

완제품 검사에는 화학 성분, 물리적 특성, 치수 공차 및 용접성에 대한 포괄적인 검사가 포함됩니다. 화학 성분은 ICP-OES 또는 XRF 로 분석하여 99.5%의 텅스텐 함량을 $\geq$ 보장합니다. 물리적 특성에는 밀도, 경도 및 전도성 테스트가 포함됩니다. 치수 공차는 표준(e.g. ISO 6848)을 준수해야 하며 직경 편차는 $\pm 0.05\text{mm}$ 로 제어해야 합니다. 용접 성능: TIG 용접 테스트를 시뮬레이션하여 아크 시작 성능, 아크 안정성 및 전극 소비율을 평가합니다.

3.6 순수 텅스텐 전극의 기술적 어려움과 혁신

순수 텅스텐 전극의 제조는 여러 가지 기술적 어려움을 수반하며, 최근 몇 년 동안 기술 혁신을 통해 상당한 진전이 이루어졌습니다. 다음은 고순도 제어, 곡물 구조 최적화, 생산 효율성 향상, 환경 보호 및 지속 가능한 개발의 네 가지 측면에서 논의됩니다.

3.6.1 고순도 제어

고순도는 순수 텅스텐 전극의 핵심 요구 사항이며 불순물 (예 : 산소, 철, 탄소)의 함량은 ppm 수준에서 제어해야 합니다. 기술적 어려움에는 원료의 정제 및 생산 공정의 불순물 도입이 포함됩니다. 혁신에는 삼산화 텅스텐 순도를 개선하기 위한 이온 교환 및 용매 추출 기술의 사용, 환원 및 소결 중 산소 오염을 줄이기 위한 고순도 수소 및 진공 환경의 사용, 실시간 모니터링을 위한 레이저 유도 파괴 분광법과 같은 인라인 불순물 검출 기술의 개발이 포함됩니다.

3.6.2 입자 구조의 최적화

결정립 구조는 전극의 기계적 특성과 용접 성능에 직접적인 영향을 미치며, 너무 큰 입자는 취성을 증가시키고 너무 작은 입자는 고온에서 강도를 감소시킵니다. 기술적 과제는 소결 및 가공 중 입자 성장을 제어하는 데 있습니다. 혁신에는 나노 텅스텐 분말을 원료로 사용, 신속한 소결 기술 (예 : SPS)을 통한 입자 미세화, 입자 성장을 제어하기 위한 미량 억제제 (예 : 알루미늄)의 첨가가 포함됩니다.

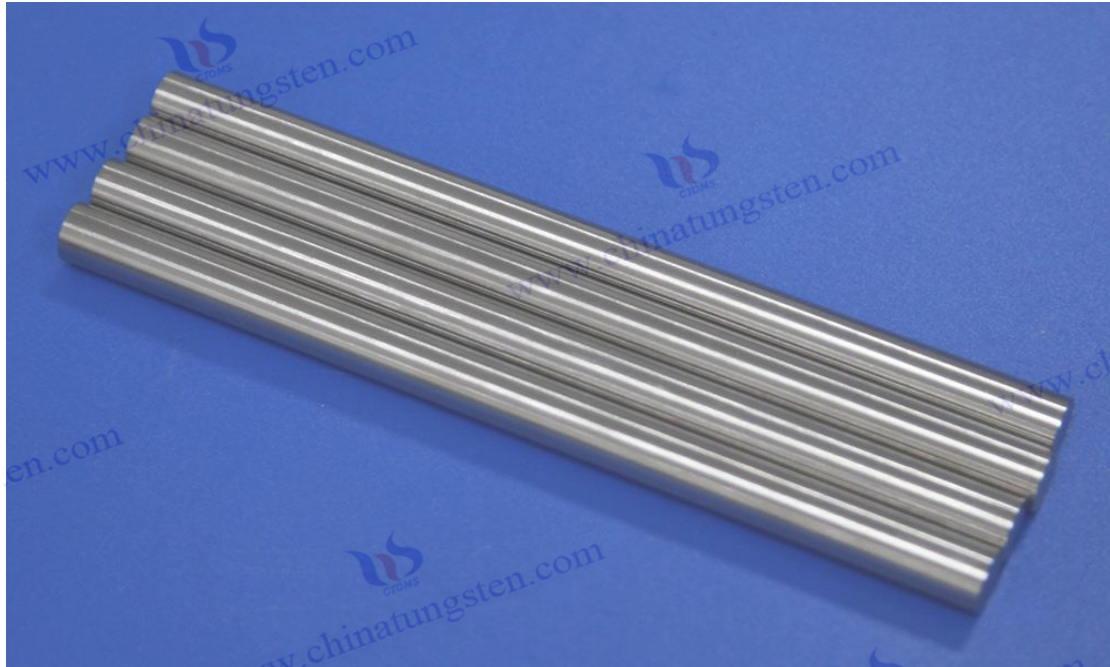
3.6.3 생산 효율성 향상

순수 텅스텐 전극의 생산주기가 길고 에너지 소비가 높기 때문에 대규모 생산이 제한됩니다. 기술적 어려움에는 긴 소결 시간, 어려운 가공 및 높은 장비 유지 보수 비용이 포함됩니다. 혁신에는 생산 효율성 향상을 위한 연속 소결로 개발, 인건비 절감을 위한 자동 와이어 드로잉 및 표면 처리 장비 사용, 생산 공정 최적화를 위한 산업용 사물 인터넷(IIoT)과 같은 스마트 제조 기술의 적용이 포함됩니다.

3.6.4 환경 보호 및 지속 가능한 개발

텅스텐 전극의 생산은 높은 에너지 소비와 폐수 배출을 포함하며 환경 압력을 받고 있습니다. 기술적 과제에는 에너지 소비 감소 및 텅스텐 함유 폐기물 처리가 포함됩니다. 혁신에는 생산 장비를 구동하기 위한 재생 에너지 사용, 폐수 재활용 기술 개발, 자원 재활용을 달성하기 위한 텅스텐 폐기물 재활용 시스템 구축이 포함됩니다. 일부 기업은 무독성 용제 및 저배출 장비 사용과 같은 친환경 제조

모델을 모색하기 시작했습니다.



CTIA GROUP LTD 의 순수 텅스텐 전극

4 장 : 순수 텅스텐 전극의 사용

순수 텅스텐 전극 (WP 전극)은 높은 용점, 우수한 전기 및 열 전도성 및 화학적 안정성으로 인해 다양한 산업 분야에서 중요한 역할을 했습니다. 특히 용접 산업에서 순수 텅스텐 전극은 텅스텐 아르곤 아크 용접(TIG 용접)의 핵심 재료이며 AC 용접(AC) 시나리오에 널리 사용됩니다. 더하여, 그것은 다른 산업 신청, 특별한 지역 및 특정 비 용접 신청에 있는 유일한 이점을 제안합니다. 그러나, 순수한 텅스텐 전극의 적용에는 또한 특정 제한 사항이 있습니다. 이 장에서는 순수 텅스텐 전극의 사용에 대한 포괄적 인 개요를 제공하고 용접 응용 프로그램, 기타 산업 응용 프로그램, 특수 분야 응용 프로그램 및 그 한계를 다룹니다.

4.1 용접 응용 프로그램

용접은 순수 텅스텐 전극의 가장 중요한 응용 분야이며, 특히 텅스텐 아르곤 아크 용접 (TIG 용접)에서 순수 텅스텐 전극은 높은 용점과 안정적인 아크 특성으로 인해 필수 재료가 되었습니다. 다음은 TIG 용접, AC 용접 및 마그네슘, 알루미늄 및 그 합금의 용접의 세 가지 측면에서 적용을 정교하게 설명합니다.

4.1.1 텅스텐 불활성 가스 용접 (TIG)

텅스텐 불활성 가스 용접 (TIG)은 텅스텐 전극을 사용하여 아르곤 또는 헬륨과 같은 불활성 가스의 보호하에 아크를 생성하는 용접 공정이며 고정밀, 고품질 용접 및 광범위한 재료 적용성으로 알려져 있습니다. TIG 용접을 위한 초기 전극 유형으로서 순수 텅스텐 전극은 높은 용점 (3422 °C)과 우수한 고온 안정성으로 인해 아크 고온 환경 (약 6000-7000 °C)에서 구조적 무결성을 유지할 수 있으며 전극 용융 또는

저작권 및 법적 책임 선언문

연소의 위험을 줄입니다. 이 특성은 고품질 용접이 필요한 산업 시나리오에서 가치가 있습니다.

TIG 용접에서 순수 텅스텐 전극은 용융되지 않는 전극으로 작용하며 주로 아크를 시작하고 유지하는 역할을 하는 반면 용가재(필요한 경우)는 용접 와이어에 의해 제공됩니다. 전극 끝의 모양은 아크 모양과 용접 품질에 큰 영향을 미칩니다. 작동 중에, 순수한 텅스텐 전극은 종종 아크의 농도와 안정성을 최적화하기 위해 테이퍼 또는 반구형 모양으로 연마해야 합니다. 불활성 가스의 보호 효과는 전극과 용융 풀의 산화를 방지하여 용접의 순도와 기계적 특성을 보장합니다.

순수 텅스텐 전극은 TIG 용접에 널리 사용되며 특히 용접의 외관과 성능이 높은 시나리오에서 박판에서 두꺼운 판에 이르기까지 다양한 금속 재료를 포함합니다. 예를 들어, 스테인리스강, 알루미늄 합금 및 마그네슘 합금의 용접에서 순수 텅스텐 전극은 정밀 제조의 요구 사항을 충족하기 위해 안정적인 아크와 깨끗한 용접 이음새를 제공합니다. 또한 TIG 용접의 유연성으로 인해 수동 및 자동 용접 모두에 적합하며 순수 텅스텐 전극은 두 모드 모두에서 안정적인 성능을 보여줍니다.

순수한 텅스텐 전극은 TIG 용접에 널리 사용되지만 높은 전자 발생 작업 (약 4.52 eV)으로 인해 특히 DC 용접 (DC)에서 아크 시작 성능이 저하됩니다. 따라서 주요 응용 분야는 AC 용접 시나리오에 집중되어 있는 반면 DC 용접은 주로 희토류 산화물(예: 세륨 텅스텐 또는 란탄 텅스텐 전극)이 도핑된 전극을 사용합니다. 그럼에도 불구하고 순수 텅스텐 전극은 저렴한 비용, 비 방사성 및 특정 재료에 대한 적합성으로 인해 TIG 용접에 없어서는 안 될 선택입니다.

4.1.2 AC 용접 (AC)에 있는 신청.

AC 용접 (AC)은 교류의 양과 음의 반주기의 교대 작용으로 안정된 아크를 형성 할 수 있기 때문에 순수 텅스텐 전극의 주요 응용 시나리오 중 하나이며 특히 산화물 필름으로 경금속을 용접하는 데 적합합니다. AC 용접은 전극과 공작물을 음극과 양극으로 교대로 교류를 사용하여 아크의 동적 평형을 달성합니다. AC 용접에서 순수 텅스텐 전극의 독특한 장점은 안정적인 반구형 전극을 형성 할 수 있으며, 이 끝 모양은 아크 에너지를 고르게 분배하고 용접 품질을 향상시키는 데 도움이 된다는 것입니다.

AC 용접에서, 순수한 텅스텐 전극의 반구형 끝은 양의 반주기 (전극은 음극) 동안 강한 전자 방출을 생성하여 고온 아크를 형성합니다. 음의 반주기(공작물은 음극)에서 아크는 공작물 표면의 산화막에 "음극 청소" 효과를 생성하여 산화물 층을 효과적으로 제거하고 용접의 청결을 보장합니다. 이 특성은 알루미늄, 마그네슘 및 그 합금을 용접 할 때 순수한 텅스텐 전극을 우수하게 만듭니다. 또한, AC 용접의 전류 파형 (예 : 구형파 또는 사인파)은 아크 특성 및 침투를 최적화하기 위해 용접 장비로 조정할 수 있으며 순수한 텅스텐 전극은 다양한 파형 설정에 적응할 수 있으므로 강력한 공정 적응성을 보여줍니다.

AC 용접에서 순수 텅스텐 전극의 적용 시나리오에는 건설, 조선, 자동차 산업 및 항공 우주가 포함됩니다. 예를 들어, 건설 산업에서 알루미늄 커튼 월 및 구조 부품은 종종 AC TIG 를 사용하여 용접되며 순수한 텅스텐 전극은 외관 및 강도 요구 사항을 충족하는 고품질 용접을 제공 할 수 있습니다. 조선에서 알루미늄 선체의 용접에는 안정적인 아크와 깨끗한 용접이 필요하며 순수한 텅스텐 전극이 이상적입니다. 또한 비방사성 특성으로 인해 식품 가공 장비 제조와 같이 안전이 중요한 환경에서 이점을 얻을 수 있습니다.

순수한 텅스텐 전극은 AC 용접에서 잘 수행되지만, 아크 안정성은 고주파 또는 저전류에서 도핑 된 전극보다 약간 열등할 수 있습니다. 성능을 향상시키기 위해 작업자는 전극 부분을 정기적으로 날카롭게 하여 깨끗하고 적절한 각도를 유지해야 합니다. 또한 용접 매개변수(예: 전류, 가스 흐름)의 최적화는 아크 안정성과 용접 품질을 보장하는 데 필수적입니다.

4.1.3 마그네슘, 알루미늄 및 그들의 합금의 용접

마그네슘, 알루미늄 및 그 합금은 경량, 고강도 및 우수한 내식성으로 인해 항공 우주, 자동차 제조 및 전자 산업에서 널리 사용됩니다. 그러나 이러한 재료는 표면에 조밀한 산화막(예: Al_2O_3 , 약 $2050^{\circ}C$ 의 용점)이 형성되기 쉬워 용접 공정에 문제를 제기합니다. AC TIG 용접에서 순수 텅스텐 전극의 "음극 청소"효과는 마그네슘, 알루미늄 및 그 합금을 용접하는 데 선택되는 재료입니다.

알루미늄 합금 용접에서 순수한 텅스텐 전극은 교류의 음의 반기를 통해 산화막을 제거하는 동시에 양의 반감기 동안 기판을 녹일 수 있는 충분한 열을 제공하여 균일한 용융 풀을 형성합니다. 알루미늄 합금 (예 : 6061 및 7075)의 용접은 안정적인 아크와 적당한 침투를 필요로 하며 순수한 텅스텐 전극의 반구형 끝은 이러한 요구 사항을 충족시킬 수 있습니다. 또한 알루미늄의 높은 열전도율(약 $237 W/m \cdot K$)은 용접 시 제어 된 열 입력을 필요로 하며, 순수 텅스텐 전극의 우수한 열전도율은 아크 열을 발산하고 과열 위험을 줄이는 데 도움이 됩니다.

마그네슘 합금(예: AZ31, AZ91)은 밀도가 낮고(약 $1.74g/cm^3$) 경량 설계에 널리 사용되지만 녹는점(약 $650^{\circ}C$)이 낮고 화학적 활성이 높아 용접이 어렵습니다. 순수 텅스텐 전극은 마그네슘 합금 용접에서 안정적인 아크를 제공하며 적절한 불활성 가스 보호(예: 아르곤 또는 아르곤-헬륨 혼합물)와 함께 용융 풀의 산화를 효과적으로 방지하고 용접 품질을 보장할 수 있습니다. 항공 우주 부문에서 순수 텅스텐 전극은 높은 정밀도와 품질 요구 사항을 충족시킬 수 있기 때문에 마그네슘 합금 부품 (예 : 시트 프레임, 동체 패널)의 용접에 자주 사용됩니다.

마그네슘, 알루미늄 및 그 합금의 용접 효과를 최적화하기 위해서는 다음 사항에 유의해야 합니다. 첫째, 전극 직경은 공작물의 두께와 전류에 따라 선택해야 하며 일반적으로 사용되는 직경은 1.6-3.2mm 입니다. 둘째, 용융 풀 보호를 보장하기 위해 차폐 가스 유량은 적당한(약 8-15L/min) 되어야 합니다. 마지막으로, 전극 부분은 아크 안정성을 유지하기 위해 반구형 모양으로 정기적으로 연마해야 합니다. 이러한

재료의 용접에 순수 텅스텐 전극의 광범위한 적용은 AC 용접 분야에서 고유 한 장점을 완전히 반영합니다.

4.2 기타 산업 응용 프로그램

용접 외에도 텅스텐 전극은 저항 용접, 플라스마 절단 및 스프레이, 열전자 방출, 스퍼터링 타겟, 평형추 및 발열체를 포함한 다른 산업 분야에서도 널리 사용됩니다. 이러한 응용 분야는 텅스텐의 높은 용점, 고밀도 및 우수한 전기적 특성을 활용합니다.

4.2.1 저항 용접 전극

저항 용접은 발생된 전류를 통해 저항열이 금속을 녹이는 용접 공정으로 자동차 제조, 전자 산업 및 가전 제품 생산에 널리 사용됩니다. 순수 텅스텐 전극은 특히 스폿 용접 및 솔기 용접에서 높은 경도, 높은 전도성 및 내마모성으로 인해 저항 용접 전극에 자주 사용됩니다. 스폿 용접에서 순수한 텅스텐 전극은 전극 헤드로 작용하며 공작물과 직접 접촉하여 고전류 (수천 암페어)를 전달하여 금속을 녹여 솔더 조인트를 형성하는 국부적 인 고온을 생성합니다. 높은 용점은 전극이 고온에서 공작물을 연화시키거나 부착하지 않도록 하여 서비스 수명을 연장합니다.

전자 산업에서 저항 용접은 얇은 금속판(예: 동박, 니켈 시트) 또는 소형 부품을 용접하는 데 사용되며 순수 텅스텐 전극의 높은 전도성과 안정성은 과열 및 민감한 부품의 손상을 방지하기 위해 정밀한 열 제어를 제공합니다. 또한, 순수 텅스텐 전극의 내마모성은 자동차 부품의 연속 스폿 용접과 같은 고주파 용접 작업에 적합합니다. 구리 합금 전극은 일부 저항 용접 시나리오에서 더 일반적이지만 순수 텅스텐 전극은 고정밀 및 고온 응용 분야에서 고유 한 이점을 제공합니다.

4.2.2 플라스마 절단 및 분무

플라스마 절단은 고온 플라스마 아크(최대 20,000°C)를 사용하여 금속을 녹이고 용융된 재료를 날려 버리는 공정으로 강철, 알루미늄 합금 및 스테인리스강 절단에 널리 사용됩니다. 플라스마 절단 건의 핵심 구성 요소로서, 순수 텅스텐 전극은 플라스마 아크를 시작하고 유지하는 역할을합니다. 높은 용점과 낮은 증기압으로 인해 매우 높은 온도에서 안정적으로 유지되어 전극 소비를 줄일 수 있습니다. 또한, 순수 텅스텐 전극의 전도성은 빠른 아크 응답을 보장하며 고속 절단 응용 분야에 적합합니다.

플라스마 스프레이에서 순수 텅스텐 전극은 고온 플라스마 가스 스트림을 생성하여 세라믹 또는 금속 분말을 용융하고 기관 표면에 분사하여 내마모성, 내식성 또는 단열 코팅을 형성하는 데 사용됩니다. 순수 텅스텐 전극의 고온 저항 및 화학적 안정성으로 인해 스프레이 공정의 가혹한 조건을 견딜 수 있어 코팅의 균일성과 품질을 보장합니다. 플라스마 절단 및 스프레이의 광범위한 사용은 제조 산업, 특히 중공업 및 표면 공학에서 순수 텅스텐 전극에 대한 수요를 주도하고 있습니다.

4.2.3 열전자 방출 물자

텅스텐 전극은 높은 전자 탈출 작업과 우수한 열 전자 방출 성능으로 인해 전자 현미경, 음극선 튜브 (CRT) 및 X 선관과 같은 열 전자 방출이 필요한 장치에 일반적으로 사용됩니다. 이러한 장치에서 순수한 텅스텐 전극은 고온(약 2000-2500°C)에서 전자를 방출하여 전자빔 또는 선을 형성하는 음극 역할을 합니다. 높은 용점과 낮은 증기압은 고온 진공 환경에서 전극의 장기간 안정적인 작동을 보장하며 화학적 안정성은 잔류 가스와의 반응을 방지합니다.

희토류 산화물 (예 : 란탄 텅스텐 전극)로 도핑 된 텅스텐 전극은 일부 열 전자 방출 응용 분야에서 더 나은 성능을 발휘하지만, 순수한 텅스텐 전극은 비 방사능 및 저렴한 비용으로 인해 높은 안전 요구 사항을 가진 장치에 여전히 널리 사용됩니다. 또한, 순수 텅스텐 전극의 기계적 강도로 인해 고전압 및 열 충격을 견딜 수 있으므로 고전력 전자 장치의 응용 분야에 적합합니다.

4.2.4 스퍼터링 타겟

스퍼터링은 기판 표면에 박막을 증착하는 데 사용되는 PVD(Physical Vapor Deposition) 기술이며 반도체, 태양 전지 및 광학 코팅 산업에서 널리 사용됩니다. 고순도 ($\geq 99.95\%$) 및 고밀도로 인해, 순수한 텅스텐 전극은 균일한 텅스텐 필름을 형성하기 위해 고 에너지 이온의 충격으로 텅스텐 원자를 방출하는 스퍼터링 타겟으로 사용될 수 있습니다. 이 필름은 우수한 전기 전도성, 내식성 및 고온 안정성을 제공하여 마이크로 일렉트로닉스, 센서 및 광학 부품의 제조에 적합합니다.

순수한 텅스텐 타겟의 생산은 필름의 성능을 보장하기 위해 불순물 함량 및 입자 구조를 엄격하게 제어해야 합니다. 순수한 텅스텐 전극의 높은 밀도와 균일 성은 고품질 대상에 이상적입니다. 또한 높은 용점과 화학적 안정성으로 인해 고진공 및 고온 스퍼터링 환경에서 성능 저하 없이 타겟을 장기간 사용할 수 있습니다. 반도체 및 신 에너지 산업의 급속한 발전으로 스퍼터링 타겟으로서의 순수 텅스텐 전극에 대한 수요는 계속 증가하고 있습니다.

4.2.5 균형추 및 발열체

순수 텅스텐 전극 (19.3g/cm^3)의 밀도가 높아 평형추에 이상적이며 항공 우주, 자동차 및 정밀 기기에 널리 사용됩니다. 예를 들어, 비행기 및 위성에서 텅스텐 평형추는 구조의 균형을 유지하고 비행 안정성을 향상시키는 데 사용됩니다. 레이싱에서 텅스텐 중량 가중치는 차량의 무게 중심 분포를 최적화하는 데 사용됩니다. 순수한 텅스텐의 밀도가 높기 때문에 더 작은 부피로 더 큰 무게를 제공할 수 있으며, 이는 기존의 납 또는 강철 평형 추 재료보다 우수합니다. 또한 무독성 및 내식성은 환경 요구 사항을 충족합니다.

발열체의 관점에서, 순수한 텅스텐 전극은 높은 용점과 우수한 전도성으로 인해 고온 용광로 (예: 진공로 및 흑연로)의 발열체에 자주 사용됩니다. 이 장치에서 텅스텐 전극은 2000 °C 이상의 온도를 견딜 수 있으며, 금속 용융, 세라믹 소결 및 열처리 공정에 안정적인 열원을 제공합니다. 텅스텐은 고온에서 산화되기 쉽지만 불활성

가스 또는 진공 보호는 서비스 수명을 효과적으로 연장할 수 있습니다.

4.3 특수 현장 응용 프로그램

순수 텅스텐 전극은 재료의 성능, 안전성 및 신뢰성이 매우 까다로운 항공 우주, 군사 및 원자력 산업과 같은 특수 분야에서 중요한 응용 분야를 가지고 있습니다.

4.3.1 항공 우주 산업

항공 우주 산업은 용접 품질 및 재료 특성에 대한 요구 사항이 매우 엄격하며 이 분야에서 순수 텅스텐 전극의 적용은 주로 알루미늄 합금, 마그네슘 합금 및 티타늄 합금의 TIG 용접에 중점을 둡니다. 예를 들어, 항공기 동체, 엔진 부품 및 위성 구조물의 제조에서 알루미늄 합금(예: 7075, 6061)은 가볍고 강도가 높기 때문에 널리 사용됩니다. 순수한 텅스텐 전극은 AC TIG 에 의해 용접되어 산화막을 제거하여 항공 우주 부품의 강도 및 내식성 요구 사항을 충족하는 고품질 용접을 형성합니다.

또한 마그네슘 합금은 헬리콥터 구동계 및 시트 프레임 제조와 같은 항공 우주 분야에서 점점 더 많이 사용되고 있습니다. 마그네슘 합금 용접에서 순수 텅스텐 전극의 안정적인 아크 및 깨끗한 용접 특성은 구성 요소의 신뢰성과 경량을 보장합니다. 또한, 순수 텅스텐 전극의 비 방사능은 위성 인클로저 및 연료 탱크와 같은 매우 높은 안전 요구 사항을 가진 우주선 부품의 제조에 적합합니다.

항공 우주 부문에서 텅스텐 전극은 플라즈마 스프레이 및 평형추 제조에도 사용됩니다. 플라즈마 스프레이는 엔진 블레이드 표면에 고온 내성 코팅을 형성하는데 사용되며 순수 텅스텐 전극의 안정성은 코팅의 품질을 보장합니다. 평형추는 우주선 구조의 균형을 맞추는 데 사용되며 순수한 텅스텐의 높은 밀도와 무독성으로 인해 이상적인 선택입니다.

4.3.2 군수 산업

군사 산업은 고온 저항, 내식성 및 재료의 높은 강도를 필요로 하며, 이 분야에서 순수 텅스텐 전극의 적용에는 장갑차, 미사일 부품 및 무기 시스템의 용접 및 가공이 포함됩니다. 예를 들어, 알루미늄 합금과 스테인리스강은 장갑차 제조에 널리 사용되며 순수 텅스텐 전극은 TIG 용접을 통해 고품질 용접을 제공하여 구조적 강도를 향상시킵니다. 시커 하우징과 같은 미사일 부품의 제조에서 순수 텅스텐 전극의 정밀한 아크 제어는 고정밀 용접의 필요성을 충족합니다.

또한, 순수한 텅스텐 전극은 또한 군사 산업의 플라즈마 절단 및 열 전자 방출 응용 분야에서 역할을 합니다. 플라즈마 절단은 고강도 강철 및 티타늄 합금을 가공하는 데 사용되며 순수 텅스텐 전극의 고온 저항은 절단 효율성과 정밀도를 보장합니다. 열 전자 방출은 통신 장비의 군용 레이더 및 전자 튜브에 사용되며 순수 텅스텐 전극의 안정성은 장비의 장기 작동을 보장합니다. 순수한 텅스텐 전극의 비 방사성 특성은 군사 분야, 특히 환경 및 인력 안전 요구 사항이 엄격한 시나리오에서 더욱 유리합니다.

CTIA GROUP LTD

Pure Tungsten electrode Introduction

1. Overview of Pure Tungsten Electrode

Pure tungsten electrodes are electrode materials made primarily from high-purity tungsten (content $\geq 99.95\%$) through powder metallurgy processes, including pressing, sintering, forging, and precision machining. They contain no rare earth or alloying elements, making them the most basic type of tungsten electrodes. They are widely used in welding and plasma applications that require high temperatures and high current density.

2. Main Applications of Pure Tungsten Electrode

TIG Welding (Tungsten Inert Gas Welding): Especially suitable for DC welding of reactive metals such as magnesium, aluminum, and titanium (using DCEN).

Plasma Cutting and Spraying: Used as electrode materials for high-temperature ion sources.

Electronic Devices: Serves as cathodes or supporting components in vacuum devices such as electron tubes and discharge tubes.

High-Temperature Furnace Electrodes: Used as heating electrodes in resistance furnaces operating in inert atmospheres or vacuum environments.

Scientific Research and Experimental Applications: Involved in high-temperature and high energy-density experiments.

3. Basic Data of Pure Tungsten Electrode

Item	Parameter
Chemical Composition (W)	$\geq 99.95\%$
Melting Point	3410°C
Density	19.3 g/cm^3
Electrical Conductivity (20°C)	$\sim 30\% \text{ IACS}$
Hardness (HV)	340 – 400 HV
Thermal Conductivity	$170 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Operating Current Range	DCEN, depends on diameter and base metal
Electrode Diameter Range	$\varnothing 0.5 \text{ mm} \sim \varnothing 6.4 \text{ mm}$ (customizable)
Electrode Length	Standard lengths: 150 mm and 175 mm (customizable)
Applicable Standard	ISO 6848 (Tungsten electrodes for welding)

4. Supply Form and Packaging of Pure Tungsten Electrode

Form: Polished rods, with customized ground tips

Standard Packaging: 10 pieces per plastic box, outer carton with shock-resistant protection

Customization: Dimensions, packaging, and tips can be customized

5. Procurement Information

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

Website: www.tungsten.com.cn

저작권 및 법적 책임 선언문

4.3.3 원자력 산업

원자력 산업은 방사선 저항, 고온 저항 및 재료의 화학적 안정성에 대한 요구 사항이 매우 높으며 순수 텅스텐 전극은 원자로 부품, 연료봉 하우징 및 실험 장비의 제조에 중요한 응용 분야를 가지고 있습니다. 예를 들어, 순수 텅스텐 전극은 방사선 저항 및 내식성에 대한 요구 사항을 충족하는 결함 없는 용접을 제공하기 때문에 원자로의 냉각 시스템 및 구조 부품에서 알루미늄 합금 및 스테인리스강의 용접에 자주 사용됩니다.

핵융합 연구(예: ITER(International Thermonuclear Fusion Experimental Reactor))에서 텅스텐은 높은 용점과 낮은 스퍼터링 속도로 인해 플라즈마 배향 재료(PFM)로 사용됩니다. 순수한 텅스텐 전극은 이러한 구성 요소의 용접 및 가공에 중요한 역할을 하며, 높은 순도와 안정성은 구성 요소의 성능을 보장합니다. 또한, 순수한 텅스텐 전극은 방사선 차폐 용 평형 추 및 고온 실험로 용 발열체와 같은 원자력 산업의 평형 추 및 발열체에도 사용됩니다.

순수한 텅스텐 전극의 비 방사성 특성은 원자력 산업에서 더 유리하며, 톨륨 텅스텐 전극 (방사성 톨륨 산화물 함유)보다 안전 및 환경 보호 측면에서 더 나은 성능을 발휘합니다. 원자력 산업의 급속한 발전은 순수한 텅스텐 전극의 적용에 대한 광범위한 전망을 제공합니다.

4.4 응용 프로그램 제한 사항

순수한 텅스텐 전극은 다양한 분야에서 널리 사용되지만, 성능 제한으로 인해 특정 시나리오에서의 사용이 제한됩니다. 다음은 DC 용접과 전극 마모 및 수명의 두 가지 측면에서 단점을 분석합니다.

4.4.1 DC 용접(DC)의 결함.

직류 용접 (DC)에서 순수 텅스텐 전극의 주요 한계는 높은 전자 작업 (약 4.52 eV)으로 인해 아크 시작이 어렵고 아크 불안정성이 발생합니다. DC 양극 연결(DCSP)에서 음극으로서의 전극은 많은 수의 전자를 방출해야 하며 높은 전자 탈출 작업으로 인해 아크가 더 높은 전압에서 시작되어 아크 점프 또는 중단이 발생하기 쉽습니다. 역 DC 극성(DCRP)에서 양극으로서의 전극은 더 높은 열 부하를 받게 되어 과열 및 급격한 소비로 이어질 수 있습니다.

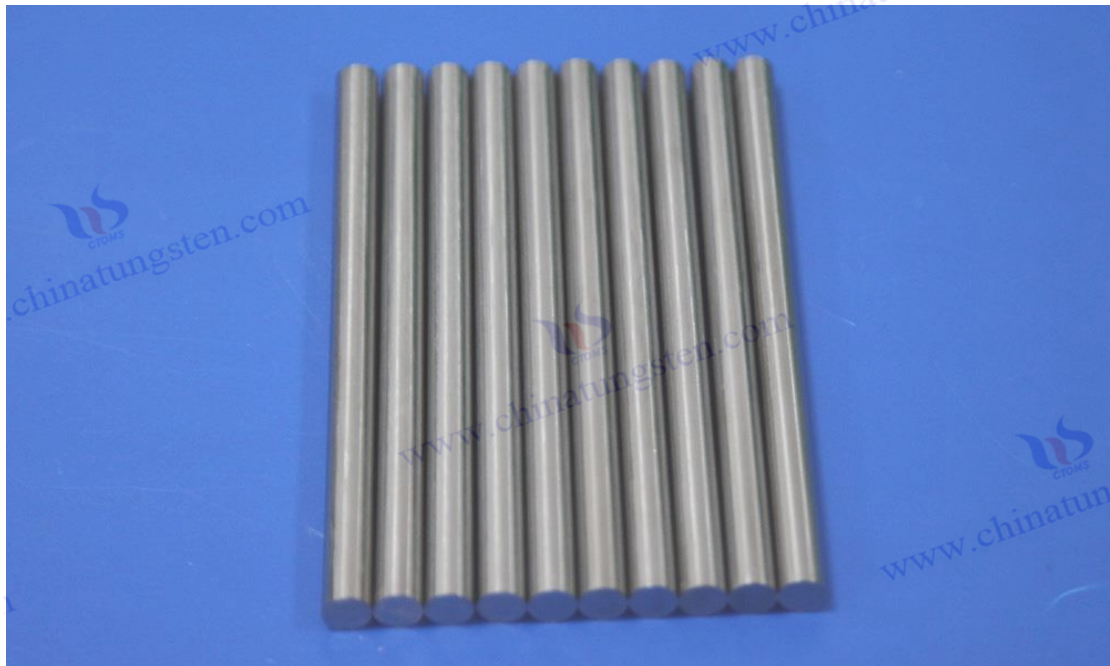
대조적으로, 희토류 산화물(예: 세륨 텅스텐 및 란탄 텅스텐 전극)로 도핑된 전극은 전자 탈출 작업(약 2.7-3.2eV)이 낮고 DC 용접에서 더 나은 아크 시작 성능과 아크 안정성을 갖습니다. 따라서 DC 용접에서 순수 텅스텐 전극의 적용은 주로 저전류 용접 또는 임시 수리와 같은 수요가 적은 시나리오로 제한되는 반면 고정밀 또는 고효율 DC 용접은 주로 도핑 전극을 사용합니다. 이러한 제한을 완화하기 위해 용접 장비(예: 고주파 아크 시작)를 최적화하거나 전극 상단의 각도를 조정하여 아크 시작 성능을 향상시킬 수 있지만 그 효과는 제한적입니다.

4.4.2 전극 마모 및 수명 문제

순수 텅스텐 전극의 또 다른 주요 한계는 전극 마모 및 수명 문제입니다. 고 전류 (>200 A) 또는 장기 연속 용접에서 높은 전자 작업으로 인한 순수 텅스텐 전극의 높은 온도는 전극 길이의 점진적인 단축과 끝 형태의 변화에 의해 나타나는 재료의 휘발 및 연소 손실을 가속화합니다. AC 용접에서 반구형 단부의 형성은 부분적으로 마모 속도를 늦추지만 마모율은 고주파 또는 불안정한 전류에서 높게 유지됩니다.

또한 전극 표면 오염(예: 산화물, 오일) 또는 부적절한 취급(예: 전극과 용융 풀의 접촉)은 마모를 더욱 악화시키고 아크 안정성을 감소시킬 수 있습니다. 전극의 수명을 연장하려면 전극 부분을 정기적으로 연마하여 청결도와 적절한 끝 모양을 유지해야 합니다. 그러나 잦은 연삭은 특히 자동 용접에서 운영 비용과 시간을 증가시켜 생산성에 영향을 미칠 수 있습니다. 대조적으로, 란타넘 텅스텐 전극과 같은 도핑 된 전극은 일반적으로 소비율이 낮고 말단 형태가 더 안정적이기 때문에 수명이 더 길다.

마모 및 수명 문제를 극복하기 위해 용접 매개변수를 최적화하거나(예: 전류 감소, 가스 보호 증가), 전극 생산 공정(예: 입자 정제)을 개선하거나, 새로운 전극 재료를 개발하여 성능을 향상시킬 수 있습니다. 그러나 이러한 개선으로 인해 비용이 증가할 수 있으며 성능과 경제성 간의 절충이 필요할 수 있습니다.



CTIA GROUP LTD 의 순수 텅스텐 전극

Chapter 5 순수 텅스텐 전극 생산 설비

순수 텅스텐 전극 (WP 전극)의 생산에는 원료 취급에서 완제품 검사에 이르기까지 복잡한 공정 체인이 포함되며, 각 공정에는 제품 품질과 생산 효율성을 보장하기 위해 특수 장비가 필요합니다. 생산 장비는 원료 취급, 분말 야금, 압력 가공, 표면 처리, 테스트 및 품질 관리는 물론 자동화 및 지능형 시스템을 포함합니다. 이러한 장비는 텅스텐의 높은 용점과 높은 경도 특성을 수용하기 위해 높은 정밀도, 높은 신뢰성, 고온 및 내식성을 가져야 합니다. 이 장에서는 순수 텅스텐 전극의 생산에 사용되는 다양한 유형의 장비에 대해 자세히 설명하고 기능, 특성 및 기술 개발 동향을 분석합니다.

5.1 순수 텅스텐 전극 원료 가공 장비

원료 취급은 텅스텐 광석에서 고순도 텅스텐 분말로의 변환 과정을 포함하는 순수 텅스텐 전극 생산의 첫 번째 단계이며, 이는 분쇄, 연삭 및 화학 정제를 위해 특수 장비를 사용해야 합니다. 이러한 장비는 고순도 텅스텐 분말의 생산 요구 사항을 충족하기 위해 효율적이고 안정적이며 환경 친화적이어야 합니다.

5.1.1 텅스텐 광석 분쇄 및 연삭 장비

텅스텐 광석 (예 : 볼프 램 라이트 또는 scheelite)은 광산에서 채굴 된 다음 분쇄 및 분쇄되어 선광에 적합한 미세 입자를 생성합니다. 분쇄 및 연삭 장비에는 주로 다음 유형이 포함됩니다.

조 크러셔 : 1 차 파쇄에 사용되며 큰 텅스텐 광석 조각 (최대 1-2m 크기)을 50-100mm 입자로 파쇄합니다. 조 크러셔는 움직이는 턱과 고정 턱의 압출을 통해 광석을 분쇄하며, 장비는 텅스텐 광석의 높은 경도에 대처하기 위해 고강도 내마모성 재료(예: 망간강)를 사용해야 합니다. 현대의 조 크러셔에는 배출 입자 크기를 정확하게 제어하고 파쇄 효율을 향상시킬 수 있는 유압 조정 시스템이 장착되어 있습니다.

콘 크러셔 : 중간 및 미세 파쇄에 사용되며 5-20mm 로 1 차 파쇄 후 광석을 추가로 파쇄합니다. 콘 크러셔는 회전 원뿔과 고정 원뿔의 압출 작용을 통해 연속 파쇄를 달성하며 고경도 광석 취급에 적합합니다. 그 장점은 파쇄 비율이 크고 출력이 높다는 것인데, 이는 대규모 텅스텐 광석 가공에 적합합니다.

볼 밀 : 분쇄 된 광석을 연삭, 분쇄하여 선광 준비를 위한 0.1-1mm 의 미세한 분말로 분쇄하는 데 사용됩니다. 공 선반은 강철 공과 광석 사이 충돌 그리고 마찰을 통해 물자를 갈고, 안대기는 작용 저항하는 세라믹 또는 높 크롬 강철로 서비스 기간을 연장하기 위하여 만듭니다. 습식 볼 밀은 텅스텐 광석 연삭에 자주 사용되며, 이는 먼지 오염을 줄이고 물 매체를 추가하여 연삭 효율을 향상시킵니다.

진동 스크린: 등급을 매기고 획일한 입자 크기를 가진 무기물 분말을 밖으로 가리기를 위해 사용하는. 진동 스크린은 고주파 진동을 통해 입자 크기가 다른

저작권 및 법적 책임 선언문

재료를 분리하여 선광 공정에 들어가는 미네랄 분말의 입자 크기가 일정하도록 합니다. 현대의 진동 스크린에는 다층 스크린이 장착되어 있어 다단계 분류를 실현하고 광물 가공의 효율성을 향상시킬 수 있습니다.

이러한 공장에는 먼지 오염을 줄이기 위한 먼지 제거 시스템과 파쇄 압력, 분쇄 시간 및 스크리닝 빈도와 같은 작동 매개변수를 최적화하기 위한 자동 제어 시스템이 장착되어야 합니다. 최근 몇 년 동안 지능형 파쇄 장비가 점차 대중화되고 있으며 센서 및 PLC(Programmable Logic Controller)를 통한 실시간 모니터링 및 고장 진단으로 생산 효율성과 안전성이 향상되었습니다.

5.1.2 화학 정화 장비

화학 정제는 텅스텐 농축액을 고순도 삼산화 텅스텐 (WO_3) 또는 텅스텐 산 (H_2WO_4)으로 변환하는 공정으로, 용해, 여과, 침전 및 건조와 같은 단계를 포함합니다. 일반적으로 사용되는 장비는 다음과 같습니다.

반응 주전자 : 텅스텐 농축액과 수산화 나트륨 또는 탄산 나트륨의 반응으로 텅스텐 산 나트륨 용액을 생성하는 데 사용됩니다. 반응기는 고온, 압력 및 강한 알칼리 환경을 견디기 위해 스테인리스강 또는 에나멜과 같은 부식 방지 재료로 제조해야 합니다. 현대식 반응기에는 균일하고 효율적인 반응을 보장하기 위해 교반 시스템과 온도 제어 장치가 장착되어 있습니다.

필터: 용액에서 불용성 불순물(예: 규산염, 철 화합물)을 제거하는 데 사용됩니다. 진공 필터 또는 필터 프레스는 다단계 여과를 통해 용액의 순도를 보장하기 위해 일반적으로 사용되는 장비입니다. 필터에는 부식 방지 필터 천과 자동 세척 시스템을 장착하여 서비스 수명을 연장하고 수동 취급을 줄여야 합니다.

침전조 : 산성화 반응을 통해 텅스텐 산 침전물로 텅스텐 산 나트륨 용액을 변환하는 데 사용됩니다. 침전조는 침전된 입자의 균일성과 순도를 보장하기 위해 정밀한 pH 제어 및 교반을 갖추고 있어야 합니다. 일부 고급 장비는 온라인 pH 모니터를 사용하여 실시간으로 추가되는 산의 양을 조정합니다.

건조 오븐 : 텅스텐 산 침전 또는 삼산화 텅스텐을 건조하여 건조 중간 생성물을 준비하는 데 사용됩니다. 건조 오븐은 일반적으로 전기 또는 가스로 가열되며 재료의 산화를 방지하기 위해 균일한 온도 필드와 불활성 가스 보호 기능이 있어야 합니다. 현대의 건조 오븐에는 더 낮은 온도에서 건조하고 에너지 소비를 줄일 수 있는 진공 시스템이 장착되어 있습니다.

화학 정제 장비는 삼산화 텅스텐의 순도가 99.95 % 이상에 도달하도록 공정 매개변수 (예 : 온도, 압력, 용액 농도)를 엄격하게 제어해야 합니다. 또한, 중화 탱크 및 침전조와 같은 폐수 처리 장비는 환경 요구 사항을 충족하는 텅스텐 함유 폐액 처리를 위한 정화 공정의 필수 요소입니다.

5.2 순수 텅스텐 전극 용 분말 야금 장비

분말 야금은 텅스텐 분말 압착, 소결 및 열처리를 포함하는 순수 텅스텐 전극 생산의 핵심 공정으로, 녹색 물체의 밀도와 성능을 보장하기 위해 고정밀, 고온 내성 장비가 필요합니다.

5.2.1 프레스

프레스는 고순도 텅스텐 분말을 특정 모양과 강도를 가진 녹색 몸체로 누르는 데 사용되며 일반적인 장비에는 다음이 포함됩니다.

냉간 등압 프레스 : 균일 한 압력 (100-300 MPa)을 고압 액체 매체 (예 : 물 또는 오일)에 의해 텅스텐 분말에 적용하여 균일 한 밀도를 가진 녹색 몸체를 만듭니다. 냉간 등압 프레스는 유연한 금형(예: 고무 또는 폴리우레탄 금형)을 사용하며 크거나 복잡한 형상의 생산에 적합합니다. 장비에는 안정적인 압력과 안전한 작동을 보장하기 위해 고압 펌프와 밀봉 시스템이 장착되어야 합니다. 현대의 냉간 등압 프레스에는 생산 효율성을 향상시키기 위해 자동 적재 및 하역 시스템이 장착되어 있습니다.

성형기 : 강철 다이를 통해 텅스텐 분말에 일방향 압력이 가해지며, 이는 소량 배치 또는 단순한 형태의 녹색 물체 생산에 적합합니다. 성형기는 텅스텐 분말의 높은 경도를 견디기 위해 고강도 금형(예: 초경합금)을 사용해야 합니다. 장비에는 일반적으로 가압력(50-200MPa)과 가압 속도를 정밀하게 제어할 수 있는 유압 또는 기계식 구동 시스템이 장착되어 있습니다.

프레스에는 텅스텐 분말의 균일 성과 녹색 물체의 성형 강도를 보장하기 위해 분말 충전 장치와 바인더 스프레이 시스템이 장착되어야 합니다. 또한 프레스 공정 중 분진 제어는 매우 중요하며 작동 환경을 보호하기 위해 음압 흡입 시스템이 필요합니다.

5.2.2 소결로

소결로는 압축 된 녹색 물체를 2000-2800 °C 로 가열하는 데 사용되어 텅스텐 분말 입자가 결합하여 고밀도 녹색 물체를 형성합니다. 일반적으로 사용되는 소결로는 다음과 같습니다.

진공 소결로 : 텅스텐 몸체의 산화를 피하기 위해 진공 환경 (10^{-3} - 10^{-5} Pa)에서 소결합니다. 진공 소결로는 폴리브덴 또는 흑연 발열체를 사용하며 고온 전체 균일성을 가지고 있어 고순도 전극 생산에 적합합니다. 이 장비에는 다단계 진공 펌프와 냉각 시스템이 장착되어 있어 고진공에 빠르게 도달하고 냉각 속도를 제어할 수 있습니다.

수소 소결로: 고순도 수소의 보호 하에 소결하면 수소는 잔류 산화물을 줄이고 녹색체의 순도를 향상시킬 수 있습니다. 수소 소결로는 수소 순도($\geq 99.999\%$)를 보장하고 누출을 방지하기 위해 가스 순환 및 정화 시스템을 갖추고 있어야 합니다. 현대의 소결로는 중주파 유도 가열 기술을 사용하여 빠르게 가열하고 에너지 소비를

줄입니다.

소결로에는 소결 공정의 안정성과 녹색 물체의 품질을 보장하기 위해 정밀한 온도 제어 시스템(예: 적외선 온도계)과 대기 모니터링 장치가 장착되어야 합니다. 최근 몇 년 동안 방전 플라즈마 소결로(SPS)는 전기 펄스를 사용하여 빠르게 가열하여 소결 시간을 단축하고 입자를 정제하는 고성능 텅스텐 전극 생산에 점점 더 많이 사용되고 있습니다.

5.2.3 진공 열처리

진공 열처리로는 소결된 녹색체의 열처리 및 어닐링에 사용되어 내부 응력을 제거하고 미세 구조를 개선합니다. 기능은 다음과 같습니다.

고온 진공 환경 : 열처리 온도는 1200-1800 °C 이고 진공도는 10⁻³-10⁻¹Pa로 녹색체의 산화를 방지합니다. 용광로 본체는 몰리브덴 또는 텅스텐 발열체를 채택하고 용광로 구조를 보호하기 위해 수냉식 시스템을 갖추고 있습니다.

정밀한 온도 제어: 열전대 및 PID 컨트롤러는 ±5°C 의 온도 정확도를 달성하여 일관된 열처리 결과를 보장합니다. 일부 첨단 장비에는 복잡한 열처리 공정을 실현할 수 있는 다단계 온도 제어 프로그램이 장착되어 있습니다.

불활성 가스 보호: 일부 열처리로는 특정 공정 요구 사항에 대한 아르곤 또는 질소 보호를 지원합니다. 가스 순환 시스템은 열 효율을 향상시키고 가스 소비를 줄입니다.

진공 열처리로는 장기간 안정적인 작동을 보장하기 위해 발열체와 진공 시스템을 정기적으로 유지 관리해야 합니다. 지능형 열처리로는 센서를 통해 빌렛 온도와 응력 분포를 실시간으로 모니터링하여 열처리 매개변수를 최적화합니다.

5.3 순수 텅스텐 전극에 대한 압력 처리 장비

압력 가공은 소결 녹색체를 전극봉으로 가공하는 핵심 단계로, 단조, 압연 및 와이어 드로잉과 같은 공정을 포함하며, 여기에는 고온 및 고강도 가공 장비가 필요합니다.

5.3.1 단조 기계

단조 기계는 소결 블랭크 본체를 고온(1500-1800°C)에서 변형하여 막대 또는 플레이트 블랭크를 만드는 데 사용됩니다. 일반적으로 사용되는 장비는 다음과 같습니다.

유압 단조 기계: 고압 (1000-5000 kN)은 유압 시스템에 의해 적용되어 녹색 물체를 점차적으로 변형시킵니다. 장비에는 녹색 물체의 산화를 방지하기 위해 고온 가열로와 수소 보호 시스템이 장착되어야 합니다. 유압 단조 기계는 변형 정확도가 높은 대형 블랭크 생산에 적합합니다.

에어 해머: 해머 헤드는 공압으로 구동되어 빌렛에 빠른 충격을 가하여 중소형

빌릿을 단조하는 데 적합합니다. 에어 해머는 작동이 유연하지만 변형의 양은 수동으로 제어해야 하므로 소량 생산에 적합합니다.

단조 기계에는 본체와 다이 사이의 마찰을 줄이기 위해 고강도 다이 및 윤활 시스템이 장착되어야 합니다. 현대의 단조 기계는 생산 효율성을 향상시키기 위해 단조력과 온도를 실시간으로 조정할 수 있는 자동 제어 시스템을 채택합니다.

5.3.2 압연기

압연기는 단조 블랭크를 가느다란 막대 또는 와이어로 추가로 가공하는 데 사용되며 일반적인 장비에는 다음이 포함됩니다.

열간 압연기: 블랭크는 1000-1500°C 에서 여러 번 통과하여 직경 5-20mm 의 막대로 압연됩니다. 열간 압연기는 텅스텐의 높은 경도를 견디기 위해 텅스텐 카바이드 또는 세라믹 롤을 사용합니다. 장비에는 압연 온도와 표면 품질을 보장하기 위해 가열로와 냉각 시스템이 장착되어 있습니다.

냉간 압연기 : 바의 치수 정확도와 표면 마감율 을 더욱 향상시키기 위해 마무리 압연에 사용됩니다. 냉간 압연 공장에는 가공 경화를 줄이기 위해 고정밀 롤 및 윤활 시스템을 장착해야 합니다.

압연기는 장기적인 작동 안정성을 보장하기 위해 롤 및 구동 시스템을 정기적으로 유지 관리해야 합니다. 자동화된 압연기는 센서를 사용하여 압연력과 바 크기를 모니터링하여 가공 일관성을 개선합니다.

5.3.3 철사 그립 기계

철사 그립 기계는 0.5-6.4 mm 의 직경을 가진 전극 공백으로 구른 막대기를 지지하기 위하여 사용됩니다, 일반적인 장비는 다음을 포함합니다:

단일 다이 와이어 드로잉 기계: 소규모 배치 생산에 적합한 단일 금형을 통해 바를 하나씩 늘립니다. 장비에는 텅스텐의 높은 경도와 마찰을 견디기 위해 카바이드 또는 다이아몬드 다이가 장착되어야 합니다.

연속 와이어 드로잉 기계: 생산 효율성을 향상시키기 위해 여러 다이를 통해 연속 스트레칭. 연속 와이어 드로잉 기계에는 윤활 시스템(예: 흑연 에멀전 또는 이황화 몰리브덴)과 어닐링 장치가 장착되어 있어 와이어 파손 위험을 줄입니다.

드로잉 머신은 균열이나 표면 결함을 방지하기 위해 인장 속도와 온도(800-1200°C)를 정밀하게 제어해야 합니다. 현대의 와이어 드로잉 머신은 서보 모터와 PLC 에 의해 제어되어 고정밀 스트레칭을 달성합니다.

5.4 순수 텅스텐 전극 용 표면 처리 장비

표면 처리 장비는 청소, 연마 및 코팅 헤드 마킹을 포함하여 전극의 표면 품질과

인식을 향상시키는 데 사용됩니다.

5.4.1 청소 장비

세척 장비는 전극 표면에서 오일, 산화물 및 불순물을 제거하는 데 사용되며 일반적으로 사용되는 장비에는 다음이 포함됩니다.

초음파 세척기 : 고주파 초음파 진동 (20-40kHz)에 의한 미세한 표면 입자 제거, 일반적으로 알칼리성 용액 또는 순수한 물에서. 장비에는 다단계 세척 및 행굼을 지원하는 다중 탱크 세척 시스템이 장착되어 있어야 합니다.

화학적 세척 구조: 묽은 산(예: 묽은 질산) 또는 알칼리성 용액(예: 수산화나트륨)을 사용하여 산화물 층을 제거합니다. 세척 탱크는 부식 방지 재료(예: PTFE)로 만들어져야 하며 교반 및 가열 장치가 장착되어 있어야 합니다.

세척 장비에는 환경 보호 요구 사항을 충족하기 위해 텅스텐 함유 폐액을 회수할 수 있는 폐액 처리 시스템이 장착되어야 합니다. 자동화된 세척 라인은 지속적인 세척을 실현하고 효율성을 향상시킬 수 있습니다.

5.4.2 연마기

연마 기계는 전극의 표면 마감을 개선하는 데 사용되며 일반적인 장비에는 다음이 포함됩니다.

기계 연마 기계: 표면 거칠기가 최대 Ra 0.2-0.4 μm 인 연삭 휠 또는 연마 천을 사용하여 표면 굽힘을 제거합니다. 장비에는 거친 연마 및 미세 연마를 지원하기 위해 다단계 연마 헤드가 장착되어야 합니다.

전기화학적 연마기: 전기분해를 통해 표면을 매끄럽게 하여 마감 및 내식성을 향상시킵니다. 전기화학 연마 기계에는 균일한 연마를 보장하기 위해 안정적인 전원 공급 장치와 전해질 순환 시스템이 장착되어야 합니다.

연마 기계는 연마 매체를 교체하고 연마 품질을 유지하기 위해 정기적으로 전해질 조성을 확인해야 합니다. 자동화된 연마 장비는 로봇 팔을 통해 정밀하게 작동됩니다.

5.4.3 애플리케이터 장비

애플리케이터는 전극의 한쪽 끝에 녹색 마크를 적용하는 데 사용되며 AWS A5.12 및 ISO 6848 표준을 준수합니다. 일반적으로 사용되는 장비는 다음과 같습니다.

자동 분무 기계: 수성 녹색 페인트가 스프레이 건을 통해 전극에 고르게 도포됩니다. 기계에는 균일한 코팅 두께(약 0.1-0.2mm)를 보장하기 위해 정밀한 포지셔닝 시스템이 장착되어 있습니다.

건조 오븐: 코팅 경화에 사용되며 온도는 열풍 순환 또는 적외선 가열을 사용하여

100-150°C 로 제어됩니다. 건조로는 코팅의 접착을 보장하기 위해 빠른 가열과 균일한 온도 필드를 가져야 합니다.

애플리케이션더 장비는 코팅 결함을 방지하기 위해 노즐을 청소하고 정기적으로 페인트의 품질을 확인해야 합니다. 지능형 코팅 헤드 장비는 시각 인식 시스템을 통해 스프레이 위치를 자동으로 조정할 수 있습니다.

5.5 순수 텅스텐 전극에 대한 테스트 및 품질 관리 장비

테스트 및 품질 관리 장비는 전극의 화학 성분, 미세 구조 및 물리적 특성이 원료, 반제품 및 완제품의 테스트를 포함하는 표준을 충족하는지 확인하는 데 사용됩니다.

5.5.1 화학 성분 분석기

화학 성분 분석기는 텅스텐 분말 및 전극의 순도 및 불순물 함량을 테스트하는 데 사용되며 일반적으로 사용되는 장비에는 다음이 포함됩니다.

유도 결합 플라즈마 분광계(ICP-OES): 플라즈마에 의한 시료의 여기(excitation)에 의해 원소의 분광법을 분석하고, 텅스텐 및 불순물(예: 철, 니켈, 산소)의 함량을 ppm의 정확도로 검출할 수 있습니다. 장비에는 고순도 가스 공급 및 시료 준비 시스템이 장착되어야 합니다.

X 선 형광 분석기(XRF): 형광 스펙트럼을 분석하기 위해 X 선에 의한 샘플 여기, 신속한 비파괴 검사에 적합합니다. XRF 장비는 휴대성이 뛰어나 생산 현장에서 실시간 분석에 적합합니다.

화학 성분 분석기는 검출 정확도를 보장하기 위해 정기적으로 교정해야 합니다. 지능형 분석기는 분석 보고서를 자동으로 생성하여 감지 효율성을 개선할 수 있습니다.

5.5.2 미세구조 분석 장비

미세 구조 분석 장비는 전극의 입자 크기, 결함 및 미세 구조 균일성을 감지하는 데 사용되며 일반적으로 사용되는 장비에는 다음이 포함됩니다.

광학 현미경 : 50-1000x의 배율로 전극 단면의 입자 구조와 미세한 결함을 관찰하는 데 사용됩니다. 장비에는 입자 크기와 결함 분포를 정량화하기 위해 이미지 분석 소프트웨어가 장착되어야 합니다.

주사 전자 현미경(SEM): 전자 빔으로 샘플을 스캔하여 나노미터 해상도로 표면 지형과 미세 구조를 분석합니다. SEM에는 국소 화학 조성 분석을 위해 에너지 분산 분광계(EDS)가 장착되는 경우가 많습니다.

미세 구조 분석 장비는 이미지 품질을 보장하기 위해 전자빔 소스와 진공 시스템을

정기적으로 유지 관리해야 합니다. 최첨단 장비는 3D 재구성 및 전극 내부 구조에 대한 심층 분석을 지원합니다.

5.5.3 물리적 성능 시험 장비

물리적 성능 테스트 장비는 전극의 밀도, 경도, 전도도 및 치수 허용 오차를 테스트하는 데 사용되며 일반적으로 사용되는 장비에는 다음이 포함됩니다.

밀도 테스터: 전극 밀도는 이론적 밀도(19.3g/cm^3)가 95% 이상임을 보장하기 위해 아르키메데스 원리에 의해 측정됩니다. 장비에는 고정밀 저울과 자동 온도 조절 식물 탱크가 장착되어야 합니다.

경도 시험기: Vickers 또는 Brinell 경도 시험기는 전극(HV 350-450)의 경도를 측정하는 데 사용됩니다. 장비에는 다이아몬드 인텐터와 고정밀 하중 시스템이 장착되어야 합니다.

Conductivity Tester: 4-probe 방법으로 전극의 저항을 측정하여 전극의 전도도를 평가합니다. 장비에는 측정 정확도를 보장하기 위해 정전류 소스와 마이크로 전압계가 장착되어 있어야 합니다.

치수 측정기: 레이저 거리 측정기 또는 이미지 측정기는 전극 직경($\pm 0.05\text{mm}$)과 길이 허용 오차를 감지하는 데 사용됩니다. 이 장치는 비접촉 측정을 지원하며 고정밀 요구 사항에 적합합니다.

물리적 성능 테스트 장비는 데이터 신뢰성을 보장하기 위해 정기적으로 교정해야 합니다. 자동화된 테스트 시스템은 다중 매개변수 동기 감지를 실현하고 효율성을 향상시킬 수 있습니다.

5.6 순수 텅스텐 전극을 위한 자동화 및 지능형 장비

자동화 및 지능형 장비는 센서, 제어 시스템 및 데이터 분석 기술의 통합을 통해 생산 효율성과 품질 안정성을 향상시키는 순수 텅스텐 전극 생산의 현대화에서 중요한 추세입니다.

5.6.1 자동화 생산 라인의 적용

자동화 생산 라인은 파쇄, 압착, 소결, 가공 및 표면 처리를 통합하고 로봇, 컨베이어 벨트 및 자동 제어 시스템을 통해 연속 생산을 실현합니다. 주요 장비는 다음과 같습니다.

자동 충전 시스템 : 텅스텐 분말의 자동 충전 및 압착에 사용되며 충전 균일 성과 정확성을 보장하기 위해 로봇 팔과 로드 셀이 장착되어 있습니다.

연속 소결 라인: 녹색 본체는 컨베이어 벨트를 통해 소결로로 지속적으로 공급되며 효율적인 소결을 달성하기 위해 다단계 온도 제어 시스템이 장착되어 있습니다. 이

시스템은 빌릿 체온 및 대기의 온라인 모니터링을 지원합니다.

자동 가공 라인: 통합 단조, 압연 및 와이어 드로잉 장비, PLC 제어를 통한 연속 가공. 이 시스템에는 블랭크 크기와 표면 결함을 감지하는 시각적 인식 장치가 장착되어 있습니다.

자동화된 생산 라인은 수동 개입을 줄여 운영 오류와 안전 위험을 줄이는 동시에 생산 효율성을 높입니다. 일부 고급 생산 라인은 생산 요구 사항에 따라 프로세스 흐름을 유연하게 조정할 수 있는 모듈식 설계를 지원합니다.

5.6.2 지능형 모니터링 시스템

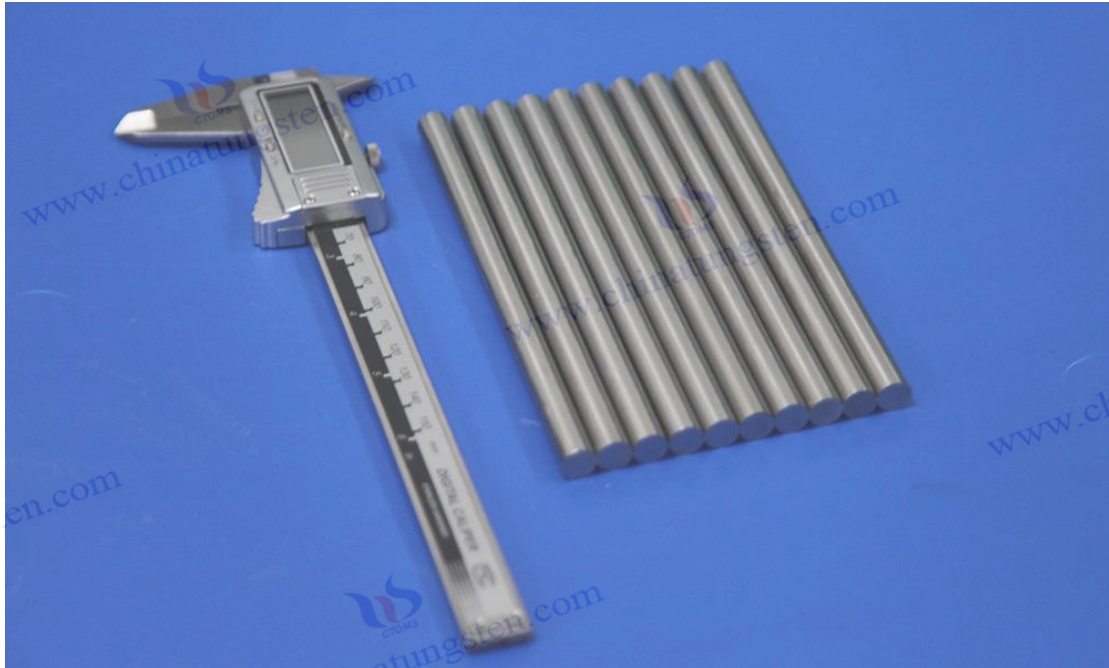
지능형 모니터링 시스템은 센서, 사물 인터넷 및 빅 데이터 분석 기술을 통해 생산 공정의 매개 변수를 실시간으로 모니터링하여 품질 관리 및 장비 유지 보수의 효율성을 향상시킵니다. 핵심 기술은 다음과 같습니다.

온라인 모니터링 센서: 온도 센서, 압력 센서 및 가스 분석기, 소결로 온도의 실시간 모니터링, 와이어 드로잉 머신 장력 및 보호 분위기 구성을 포함합니다. 데이터는 사물 인터넷을 통해 중앙 제어 시스템으로 전송됩니다.

고장 진단 시스템: 머신 러닝 알고리즘을 통해 장비 운영 데이터를 분석하고, 잠재적 고장을 예측하고, 유지 보수 권장 사항을 제공합니다. 이 시스템은 장비 가동 중단 시간을 줄이고 생산 연속성을 높입니다.

품질 추적 시스템: 전극의 각 배치의 생산 매개변수 및 테스트 데이터를 기록하고 추적 가능성 데이터베이스를 구축합니다. 이 시스템은 바코드 또는 RFID 기술을 지원하여 품질 관리 및 고객 문의에 편리합니다.

지능형 모니터링 시스템은 데이터 시각화 플랫폼(예: SCADA 시스템)을 통해 작업자에게 실시간 피드백을 제공하여 원격 모니터링 및 최적화된 의사 결정을 지원합니다. 앞으로 인더스트리 4.0 기술의 발전으로 지능형 모니터링 시스템은 인공지능과 클라우드 컴퓨팅을 더욱 통합하여 전체 프로세스의 지능형 관리를 실현할 것입니다.



CTIA GROUP LTD 의 순수 텅스텐 전극

Chapter 6 순수 텅스텐 전극에 대한 국내외 표준

텅스텐 아르곤 아크 용접 (TIG 용접)의 중요한 재료로서 순수 텅스텐 전극 (WP 전극)의 성능과 품질은 용접 효과에 직접적인 영향을 미칩니다. 제품 일관성과 시장 가용성을 보장하기 위해 화학 성분, 치수 공차, 성능 요구 사항 및 테스트 방법을 다루는 여러 표준이 전 세계적으로 개발되었습니다. 이러한 표준은 국제기구, 국가 기관 및 산업 협회에 의해 공식화되어 비교적 완전한 규범 시스템을 형성합니다. 이 장에서는 순수 텅스텐 전극에 대한 국제 표준, 중국 국가 표준 및 기타 국가 표준에 대해 자세히 논의하고 차이점을 분석하며 표준의 발전 추세를 기대합니다.

6.1 순수 텅스텐 전극에 대한 국제 표준

국제 표준은 순수 텅스텐 전극의 글로벌 무역 및 응용에 대한 통일 된 사양을 제공하며 주로 미국 용접 협회 (AWS), 국제 표준화 기구 (ISO) 및 유럽 표준화 위원회 (CEN)에 의해 개발됩니다. 다음은 AWS A5.12, ISO 6848 및 EN 26848 표준에 중점을 둡니다.

6.1.1 AWS A5.12(미국 용접 협회 표준)

AWS A5.12 는 미국 용접 협회 (American Welding Society)에서 개발 한 텅스텐 전극 표준이며, 전체 이름은 "아크 용접 및 절단 용 텅스텐 및 산화물 분산 텅스텐 전극 사양"이며, 최신 버전은 AWS A5.12 / A5.12M : 2009 입니다. 이 표준은 북미 및 글로벌 용접 산업에서 널리 사용되며 순수 텅스텐 전극 및 기타 도핑 된 전극의 분류, 화학 성분, 크기 및 성능 요구 사항을 다룹니다.

순수 텅스텐 전극 (코드 EWP, 녹색으로 표시)의 경우 AWS A5.12 는 $\geq 99.5\%$ 의 텅스텐

함량과 미량의 불순물 (예 : 철, 니켈, 산소)을 필요로 합니다. 전극 표면은 매끄럽고 균열, 다공성 또는 내포물이 없어야 하며 쉽게 식별할 수 있도록 끝이 녹색으로 표시되어야 합니다. 이 표준은 전극의 직경 범위(0.5-6.4mm)와 길이(75-610mm)를 지정하며 정밀 제조의 요구 사항을 충족하는 공차를 지정합니다. 또한 AWS A5.12에는 전극의 포장 및 라벨링에 대한 명확한 규정이 있으며, 추적성을 보장하기 위해 로트 번호, 사양 및 제조업체 정보에 라벨을 부착해야 합니다.

AWS A5.12는 전극의 용접 성능을 강조하며, AC 용접 (AC)에는 주로 순수 텅스텐 전극을 사용하는 것이 좋으며, 특히 알루미늄, 마그네슘 및 그 합금의 용접에 적합합니다. 이 표준은 아크 안정성 또는 전극 소비율에 대한 테스트 방법을 지정하지 않지만 제조업체가 사용자 참조를 위해 성능 데이터를 제공하도록 요구합니다. 이 표준은 북미 시장에서 권위가 있으며 많은 국제 제조업체도 요구 사항에 따라 순수한 텅스텐 전극을 생산합니다.

6.1.2 ISO 6848 (국제표준화기구)

ISO 6848은 국제 표준화기구 (International Organization for Standardization)에서 공식화 한 텅스텐 전극 표준이며, 전체 이름은 "아크 용접 및 절단 - 비 소모성 텅스텐 전극 - 분류"이며, 최신 버전은 ISO 6848 : 2015입니다. 이 표준은 텅스텐 전극의 분류, 마킹 및 성능 요구 사항을 통합하고 국제 무역 및 기술 교류를 촉진하는 것을 목표로 글로벌 용접 산업에 적용됩니다.

ISO 6848은 순수 텅스텐 전극을 WP (녹색 표시)로 분류하고 $\geq 99.5\%$ 의 텅스텐 함량과 불순물의 엄격한 제어를 요구합니다. 이 표준은 전극의 화학적 조성, 치수 공차 및 표면 품질을 자세히 지정하고, 전극 표면에 명백한 결함이 없어야 하며, 코팅 마크는 내마모성이 있어야 하며 용접 성능에 영향을 미치지 않아야 합니다. 전극 직경 범위는 0.5mm에서 10mm이고 길이는 일반적으로 50mm에서 175mm이며 특정 치수는 사용자 요구에 따라 사용자 정의할 수 있습니다. ISO 6848은 또한 오염이나 산화를 방지하기 위해 포장 전에 전극을 세척하고 건조할 것을 요구합니다.

AWS A5.12와 마찬가지로 ISO 6848은 알루미늄 및 마그네슘 합금 용접에서 탁월한 "음극 세척" 효과로 인해 AC 용접에 순수 텅스텐 전극을 권장합니다. 이 표준에는 표준 용접 조건에서 평가해야 하는 아크 시작 성능 및 아크 안정성과 같은 전극의 성능 테스트 방법에 대한 간략한 설명이 있지만 특정 테스트 매개변수는 지정하지 않습니다. ISO 6848은 국제적 특성으로 인해 유럽, 아시아 및 아프리카에서 널리 사용되며 글로벌 텅스텐 전극 무역에 대한 중요한 참조 표준입니다.

6.1.3 EN 26848(유럽 표준)

EN 26848은 ISO 6848과 매우 일치하는 유럽 표준화위원회 (CEN)에서 개발 한 텅스텐 전극 표준이며 전체 이름은 "용접 소모품 - 불활성 가스 차폐 아크 용접 및 플라즈마 용접을 위한 텅스텐 전극"입니다. 이 표준은 주로 EU 회원국에서 사용되며 최신 버전은 ISO 6848:2015와 동기화되어 업데이트됩니다.

EN 26848 은 순수 텅스텐 전극(WP, 녹색 표시)에 대해 ISO 6848 과 동일한 화학 조성을 요구하며, 텅스텐 함량이 $\geq 99.5\%$ 이고 불순물이 미량 수준에서 제어되어야 합니다. 이 표준에는 ISO 6848 에 따라 전극의 크기, 표면 품질 및 표시에 대한 요구 사항이 있으며 전극의 균일성과 청결도를 강조합니다. EN 26848 은 또한 전극의 보관 및 운송을 권장하며, 전극 성능을 보호하기 위해 방습, 충격 방지 포장을 사용해야 합니다.

응용 분야와 관련하여 EN 26848 은 특히 유럽의 자동차, 항공 우주 및 조선 산업에서 AC TIG 용접 및 플라스마 용접을 위한 순수 텅스텐 전극을 권장합니다. 이 표준은 성능 테스트 방법을 자세히 지정하지 않지만 제조업체는 센서에 대한 응용 시나리오 및 작동 권장 사항을 설명하는 기술 데이터 시트를 제공해야 합니다. EN 26848 의 구현은 유럽 용접 산업의 표준화와 고정밀 제조 분야에서 순수 텅스텐 전극의 적용을 촉진했습니다.

6.2 순수 텅스텐 전극에 대한 중국 국가 표준

세계 최대의 텅스텐 자원 및 텅스텐 전극 생산 업체로서, 중국은 순수 텅스텐 전극의 생산 및 적용을 규제하기 위해 여러 국가 표준 및 산업 표준을 공식화했습니다. 그 중 GB/T 4190 이 주요 표준이며 관련 산업 표준은 특정 요구 사항을 보완합니다.

6.2.1 GB / T 4190 (텅스텐 전극 표준)

GB / T 4190 은 중국 국가 표준이며 전체 이름은 "비 용융 전극 TIG 용접 용 텅스텐 및 텅스텐 합금 전극"이며 최신 버전은 GB / T 4190-2017 입니다. 이 표준은 TIG 용접 및 플라스마 용접용 텅스텐 전극에 적용할 수 있으며 순수 텅스텐 전극 및 기타 도핑 전극의 분류, 화학 조성, 크기 및 성능 요구 사항을 다룹니다.

순수 텅스텐 전극 (코드 WP)의 경우 GB / T 4190 은 $\geq 99.5\%$ 의 텅스텐 함량을 필요로 하며 불순물 함량 (예 : 철, 실리콘, 탄소)은 전극의 순도 및 용접 성능을 보장하기 위해 미량 수준으로 제어해야 합니다. 전극의 표면은 매끄럽고 균열, 산화물 층 또는 기름 얼룩이 없어야 하며 끝은 국제 관행에 따라 녹색 표시로 표시되어야 합니다. 이 표준은 정밀 가공에 필요한 공차를 충족하기 위해 전극의 직경(0.5-6.0mm)과 길이(50-300mm)를 지정합니다. 포장을 위해서는 전극을 사양, 로트 번호 및 생산 날짜가 표시된 플라스틱 또는 금속 상자에 포장해야 합니다.

GB / T 4190 은 AC 용접, 특히 알루미늄, 마그네슘 및 그 합금의 용접을 위해 순수 텅스텐 전극을 권장합니다. 이 표준에는 시뮬레이션된 용접 테스트로 평가해야 하는 아크 안정성 및 표준 전류에서 측정해야 하는 전극 소비와 같은 성능 테스트에 대한 간략한 규정이 있습니다. GB/T 4190 은 또한 제조업체가 전극의 화학 조성 및 성능 데이터를 명시한 품질 인증서를 제공하도록 요구합니다. 이 표준은 중국 시장에서 필수이며 중국에서 텅스텐 전극의 생산 및 적용을 위한 주요 기초입니다.

6.2.2 관련 산업 표준

GB / T 4190 외에도 중국은 특정 분야의 순수 텅스텐 전극에 대한 사양을 보완하는

여러 산업 표준을 개발했습니다. 예를 들어:

YS / T 626-2018 "텅스텐 전극": 비철금속 산업에 의해 공식화되었으며 텅스텐 전극의 화학 성분, 치수 공차 및 표면 품질을 자세히 지정하며 항공 우주 및 전자 산업에 적합합니다. 이 표준은 순수 텅스텐 전극의 불순물 함량에 대한 보다 엄격한 요구 사항을 가지고 있으며, 이는 고정밀 용접 응용 분야에 적합합니다.

JB / T 12839-2016 "용접 용 텅스텐 전극의 기술 조건": 텅스텐 전극의 용접 성능 및 시험 방법에 중점을 둔 기계 산업부에서 공식화했습니다. 이 표준은 순수 텅스텐 전극이 조선 및 압력 용기 용접에 적합한 AC 용접에서 우수한 아크 시작 성능과 아크 안정성을 가질 것을 요구합니다.

QJ 2088-2005 "항공 우주 용 텅스텐 전극": 항공 우주 산업부에서 공식화했으며 항공 우주 분야에서 고 신뢰성 용접을 위해 특별히 공식화되었습니다. 이 표준은 극한 환경에서 성능을 보장하기 위해 순수 텅스텐 전극의 매우 높은 순도, 입자 구조 및 치수 정확도를 요구합니다.

이러한 산업 표준은 GB/T 4190 을 보완하여 일반 제조에서 고급 응용 분야에 이르기까지 다양한 시나리오를 다루고 중국 텅스텐 전극 산업의 표준화 개발을 촉진합니다.

6.3 순수 텅스텐 전극에 대한 기타 국가 표준

국제 표준 및 중국 표준 외에도 텅스텐 전극 표준은 현지 시장의 요구를 충족시키기 위해 다른 국가에서도 개발되었습니다. 다음은 일본 JIS Z 3233 및 독일 DIN EN ISO 6848 표준에 중점을 둡니다.

6.3.1 JIS Z 3233 (일본 공업 규격)

JIS Z 3233 은 일본 산업 표준이며 전체 이름은 "불활성 가스 차폐 아크 용접용 텅스텐 전극"이며 최신 버전은 JIS Z 3233:2017 입니다. 이 표준은 일본의 자동차, 전자 및 정밀 기계 산업에서 널리 사용되는 TIG 용접용 텅스텐 전극에 적용됩니다.

JIS Z 3233 은 순수 텅스텐 전극을 WP 로 분류하여 텅스텐 함량 $\geq 99.5\%$ 와 불순물의 엄격한 관리를 요구합니다. 전극의 표면은 깨끗하고 결함이 없어야 하며 끝은 녹색으로 표시되어야 합니다. 이 표준은 ISO 6848 과 일치하는 공차로 전극의 직경(0.5-6.0mm)과 길이(50-200mm)를 지정합니다. JIS Z 3233 은 특히 알루미늄 및 마그네슘 합금에서 AC 용접을 위한 순수 텅스텐 전극을 권장합니다.

국제 표준과 비교하여 JIS Z 3233 은 전극의 표면 품질에 대한 요구 사항이 더 높으며 일본 제조업의 고정밀 요구 사항을 충족하기 위해 눈에 보이는 결함이 없어야 합니다. 이 표준은 또한 전극의 포장 및 보관에 대한 특정 요구 사항을 부과합니다(예: 방습 포장 사용 및 건조한 환경에서의 보관). JIS Z 3233 은 일본 시장에서 중요한 영향을 미치고 있으며 많은 일본 용접 장비 제조업체가 요구 사항에 따라 제품을 설계합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD

Pure Tungsten electrode Introduction

1. Overview of Pure Tungsten Electrode

Pure tungsten electrodes are electrode materials made primarily from high-purity tungsten (content $\geq 99.95\%$) through powder metallurgy processes, including pressing, sintering, forging, and precision machining. They contain no rare earth or alloying elements, making them the most basic type of tungsten electrodes. They are widely used in welding and plasma applications that require high temperatures and high current density.

2. Main Applications of Pure Tungsten Electrode

TIG Welding (Tungsten Inert Gas Welding): Especially suitable for DC welding of reactive metals such as magnesium, aluminum, and titanium (using DCEN).

Plasma Cutting and Spraying: Used as electrode materials for high-temperature ion sources.

Electronic Devices: Serves as cathodes or supporting components in vacuum devices such as electron tubes and discharge tubes.

High-Temperature Furnace Electrodes: Used as heating electrodes in resistance furnaces operating in inert atmospheres or vacuum environments.

Scientific Research and Experimental Applications: Involved in high-temperature and high energy-density experiments.

3. Basic Data of Pure Tungsten Electrode

Item	Parameter
Chemical Composition (W)	$\geq 99.95\%$
Melting Point	3410°C
Density	19.3 g/cm^3
Electrical Conductivity (20°C)	$\sim 30\% \text{ IACS}$
Hardness (HV)	340 – 400 HV
Thermal Conductivity	$170 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Operating Current Range	DCEN, depends on diameter and base metal
Electrode Diameter Range	$\varnothing 0.5 \text{ mm} \sim \varnothing 6.4 \text{ mm}$ (customizable)
Electrode Length	Standard lengths: 150 mm and 175 mm (customizable)
Applicable Standard	ISO 6848 (Tungsten electrodes for welding)

4. Supply Form and Packaging of Pure Tungsten Electrode

Form: Polished rods, with customized ground tips

Standard Packaging: 10 pieces per plastic box, outer carton with shock-resistant protection

Customization: Dimensions, packaging, and tips can be customized

5. Procurement Information

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

Website: www.tungsten.com.cn

저작권 및 법적 책임 선언문

6.3.2 DIN EN ISO 6848(독일 표준)

DIN EN ISO 6848 은 독일에서 채택된 국제 표준 ISO 6848 의 현지화된 버전으로, ISO 6848:2015 에 따라 독일 표준화 연구소(DIN)에서 발행했습니다. 이 표준은 독일과 중부 유럽, 특히 자동차, 항공 우주 및 중공업 부문에서 널리 사용됩니다.

DIN EN ISO 6848 은 ISO 6848 과 동일한 순수 텅스텐 전극 (WP, 녹색으로 표시)에 대한 화학 성분, 크기 및 성능 요구 사항을 가지고 있으며 전극의 고순도 및 표면 품질을 강조합니다. 순수 텅스텐 전극은 AC TIG 용접에 표준으로 권장되며 알루미늄, 마그네슘 및 그 합금의 용접에 적합합니다. DIN EN ISO 6848 은 또한 제조업체가 전극의 화학적 조성 분석 및 용접 특성에 대한 데이터를 포함한 상세한 기술 문서를 제공하도록 요구합니다.

유럽의 제조 중심지인 독일은 용접 소모품의 품질에 대한 요구 사항이 매우 높습니다. DIN EN ISO 6848 의 구현은 독일 시장, 특히 고급 제조 (예 : 메르세데스 벤츠 및 BMW)에서 텅스텐 전극의 표준화로 이어졌습니다.

6.4 순수 텅스텐 전극의 표준 비교 및 차이점

국내외 표준은 순수 텅스텐 전극의 분류 및 적용에 있어 높은 수준의 일관성을 가지고 있지만 화학 조성, 치수 공차 및 성능 테스트 방법에는 약간의 차이가 있습니다. 다음은 세 가지 측면에서 비교 분석한 것입니다.

6.4.1 화학 성분 요구 사항

순수 텅스텐 전극의 화학 성분 요구 사항은 기본적으로 각 표준에서 동일하며 텅스텐 함량은 $\geq 99.5\%$ 여야하지만 불순물의 제어 범위는 약간 다릅니다. 예를 들어:

AWS A5.12: 철, 니켈, 실리콘 등과 같은 불순물의 총량에 대한 명확한 상한은 없지만 불순물은 용접 성능에 영향을 미치지 않아야 합니다. 이 표준은 전극의 실제 적용 효과에 더 많은 관심을 기울입니다.

ISO 6848 및 EN 26848: 전극의 고순도 및 아크 안정성을 보장하기 $\leq$ 불순물(예: 철, 탄소, 산소)은 각 항목에 대해 0.05% 미만, 총량에 대해 0.5% 미만이어야 함을 지정합니다.

GB/T 4190: 불순물의 통제는 더 엄격하, 철, 실리콘, 탄소 및 다른 품목의 개인적인 내용은 0.03% 미만이어야 하고, 높 정밀도 용접 신청을 위해 적당한 산소 함유량은 0.02% 미만이어야 합니다.

JIS Z 3233: 불순물 요구 사항은 ISO 6848 과 유사하지만 일본 전자 산업의 요구 사항을 충족하기 위해 산소 함량($\leq 0.015\%$)에 대한 요구 사항이 더 엄격합니다.

이러한 차이는 용접 시나리오와 산업 요구에 대한 국가의 초점을 반영합니다. ISO 6848 및 GB/T 4190 은 순도 제어에 더 많은 주의를 기울이고 고급 제조에 적합합니다. AWS A5.12 는 더 유연하고 다양한 애플리케이션에 적응할 수 있습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

6.4.2 치수 및 공차

전극의 크기 범위 및 허용 오차 요구 사항은 표준 간에 비교적 일관되지만 특정 세부 사항은 다릅니다.

직경 범위: AWS A5.12 및 ISO 6848 은 0.5-10mm 를 지원하고, GB/T 4190 및 JIS Z 3233 은 0.5-6.0mm 로 제한되어 다양한 시장의 주류 요구 사항을 반영합니다.

공차: AWS A5.12 는 $\pm 0.05\text{mm}$ (소경)에서 $\pm 0.13\text{mm}$ (대직경)의 직경 공차를 허용합니다. ISO 6848 및 GB/T 4190 은 요구 사항이 더 엄격하며 $\pm 0.05\text{mm}$ 로 통일되었습니다. JIS Z 3233 은 소구경 전극($< 2.0\text{mm}$)에 대해 $\pm 0.03\text{mm}$ 의 공차를 가지고 있어 일본의 정밀 제조에 대한 중시를 반영합니다.

길이: AWS A5.12 는 북미 시장을 위해 최대 610mm 길이의 대형 용접 장비를 지원합니다. ISO 6848 및 GB/T 4190 은 주로 50-300mm 로 일반 장비에 적합합니다. JIS Z 3233 은 주로 50-200mm 로 소형 정밀 용접에 적합합니다.

이러한 차이점은 여러 국가의 용접 장비 및 공정 습관과 관련이 있습니다. 예를 들어, 일본의 정밀 용접은 직경이 작은 전극을 선호하는 경향이 있는 반면, 직경이 큰 전극은 북미의 대규모 산업용 용접에 더 일반적으로 사용됩니다.

6.4.3 성능 테스트 방법

성능 테스트 방법의 또 다른 차이점은 표준이며 각 표준에는 테스트에 대한 사양 수준이 다릅니다.

AWS A5.12: 아크 시작 성능, 아크 안정성 또는 전극 소비율에 대한 테스트 방법은 지정되지 않았으며 제조업체에서 성능 데이터만 필요합니다. 테스트는 표준 전류에서 시뮬레이션된 용접과 같은 업계 관행에 크게 의존합니다.

ISO 6848 및 EN 26848: 아크 시작 성능 및 아크 안정성은 표준 용접 조건에서 테스트하는 것이 좋지만 자세한 테스트 매개변수는 제공되지 않습니다. 전극 소비율 시험은 AC 용접에서 수행되며 단위 시간당 길이 손실이 기록됩니다.

GB/T 4190: 50-150A 전류에서 테스트할 아크 시작 성능, 아크 전압 변동에 의해 평가될 아크 안정성, 200A AC 용접에서 측정할 전극 소비와 같은 보다 자세한 테스트 방법을 지정합니다.

JIS Z 3233: 테스트 방법은 ISO 6848 과 유사하지만 전자 산업의 요구를 충족하기 위해 저전류($< 50\text{A}$)에서 아크 시작 성능을 테스트해야 합니다.

이러한 차이는 용접 성능에 대한 각 국가의 초점을 반영합니다. GB/T 4190 및 JIS Z 3233 은 테스트 요구 사항이 더 엄격하고 고정밀 응용 분야에 적합합니다. AWS A5.12 는 테스트에서 더 실용적이고 유연합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

6.5 순수 텅스텐 전극 표준의 개발 동향

글로벌 제조 산업의 변화 및 업그레이드와 환경 인식의 향상과 함께, 순수 텅스텐 전극 표준은 더 안전하고 환경 친화적인 고성능의 방향으로 발전하고 있습니다. 다음은 환경 및 안전 요구 사항과 고성능 전극 표준의 두 가지 측면에서 향후 추세를 기대하는 것입니다.

6.5.1 환경 및 안전 요구 사항

환경 보호 및 안전은 텅스텐 전극 표준 개발의 핵심 원동력입니다. 전통적인 토륨 - 텅스텐 전극은 방사성 토륨 산화물 (ThO_2)로 인해 점차 제한되며, 순수한 텅스텐 전극은 방사성이 없기 때문에 환경 친화적인 대안입니다. 앞으로 이 표준은 다음 요구 사항을 더욱 강화할 것입니다.

무해한 재료: 이 표준은 전극에서 잠재적으로 유해한 불순물(예: 납, 카드뮴)의 함량을 엄격하게 제한하고 환경 오염을 줄이기 위해 무독성 코팅(예: 수성 녹색 마커 페인트)을 촉진합니다.

생산 공정의 환경 보호: 이 표준은 에너지 소비 감소, 폐수 및 배기 가스 감소, 폐기물 재활용 촉진과 같은 생산 공정에 환경 요구 사항을 도입할 수 있습니다. ISO 6848 및 GB/T 4190 에 대한 향후 개정판은 ISO 14001(환경 경영 시스템)을 참조할 수 있습니다.

안전 라벨링: 이 표준은 전극의 포장 및 라벨링 사양을 개선하여 사용자가 쉽게 식별하고 작동할 수 있도록 비방사성 및 안전한 사용 지침의 명확한 라벨링을 요구합니다. AWS A5.12 는 상세한 안전 데이터 시트(SDS)를 요구하기 시작했습니다.

환경 보호 및 안전 요구 사항의 개선은 특히 유럽 연합 및 중국과 같은 엄격한 환경 규정이있는 지역에서 녹색 제조에서 순수 텅스텐 전극의 적용을 촉진 할 것입니다.

6.5.2 고성능 전극 규격

항공 우주, 새로운 에너지 및 반도체 산업의 급속한 발전과 함께, 텅스텐 전극에 대한 성능 요구 사항은 지속적으로 증가하고 있습니다. 향후 표준은 다음 방향에 중점을 둘 것입니다.

고순도 요구 사항 : 이 표준은 텅스텐 함량 요구 사항을 99.99%로 증가시키고 불순물 함량을 더욱 줄여 반도체 및 원자력 산업의 초고순도 요구 사항을 충족시킬 수 있습니다.

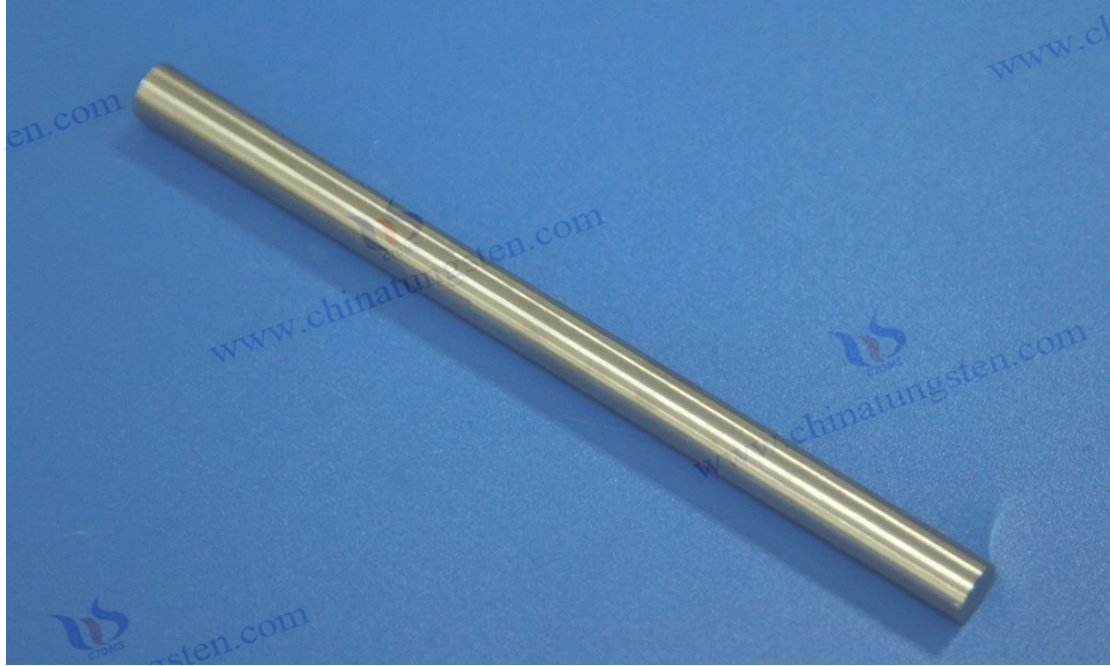
성능 테스트의 표준화: 이 표준은 다중 전류 범위(10-300A)에서 테스트할 아크 시작 성능, 고주파 아크 분석기로 정량화할 아크 안정성, 여러 용접 조건에서 평가할 전극 소비와 같은 보다 상세한 테스트 방법을 개발할 것입니다.

새로운 재료 호환성: 이 표준은 새로운 텅스텐 기반 전극(예: 나노 결정질 텅스텐 전극)으로 확장되어 화학 조성, 입자 구조 및 성능 요구 사항을 지정하여 고성능

용접의 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

지능형 응용 프로그램: 이 표준은 생산 효율성을 개선하기 위해 자동 용접 로봇에 맞게 조정해야 하는 전극의 크기 및 표면 품질과 같은 지능형 용접 장비와 호환되는 요구 사항을 도입할 수 있습니다.

고성능 전극 표준의 개발은 고급 제조 분야에서 순수 텅스텐 전극의 적용을 촉진하고 동시에 초 미세 텅스텐 분말 준비 및 신속한 소결 기술과 같은 생산 공정의 혁신을 촉진 할 것입니다.



CTIA GROUP LTD 의 순수 텅스텐 전극

Chapter 7 순수 텅스텐 전극의 검출 방법 및 기술

순수 텅스텐 전극 (WP 전극)의 품질 테스트는 화학 성분, 물리적 특성, 미세 구조, 용접 특성, 환경 및 안전 성능의 평가를 포함하여 성능과 신뢰성을 보장하는 핵심 부분입니다. 검출 방법은 국제 표준(예: AWS A5.12, ISO 6848) 및 중국 국가 표준(예: GB/T 4190)의 요구 사항을 충족하기 위해 고정밀 계측 및 표준화된 절차를 통합해야 합니다. 이 장에서는 화학 성분 테스트, 물리적 특성 테스트, 미세 구조 분석, 용접 성능 테스트, 환경 및 안전 테스트, 테스트 장비의 교정 및 표준화를 포함하여 순수 텅스텐 전극의 검출 방법 및 기술에 대해 자세히 설명합니다.

7.1 순수 텅스텐 전극의 화학 성분 검출

화학 성분 테스트는 순수 텅스텐 전극의 순도 및 불순물 함량을 평가하는 핵심 수단으로 텅스텐 함량이 99.5 % $\geq$ 이고 불순물 (예 : 철, 니켈, 산소)이 제어 가능한 범위 내에 있는지 확인합니다. 일반적인 방법에는 분광학, X 선 형광 분석 및 화학 적정이 포함됩니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

7.1.1 분광분석(ICP-OES)

ICP-OES(Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry)는 실험실 및 생산 현장에서 널리 사용되는 순수 텅스텐 전극의 화학적 조성을 감지하는 고정밀 방법입니다. ICP-OES 는 고온 플라즈마(약 8000-10,000°C)로 샘플 원자를 여기시켜 특정 파장의 방출 스펙트럼을 생성하여 텅스텐 및 트랩프 원소의 함량을 분석합니다.

분석 프로세스에는 샘플 준비, 용해, 분석 및 데이터 처리가 포함됩니다. 먼저, 전극 샘플을 작은 조각으로 절단하고 질산과 불산의 혼합물과 같은 산이 있는 용액에 용해시킵니다. 용액이 ICP-OES 기기에 주입된 후 플라즈마에 의해 분무 및 여기되고 방출 스펙트럼은 분광계에 의해 분할되고 검출기에 의해 기록됩니다. 이 기기는 최대 ppb(parts per billion)의 검출 한계로 표준 곡선(알려진 농도의 표준 용액 기반)에서 원소 농도를 계산하며 미량 불순물(예: 철, 니켈, 실리콘, 탄소)을 검출하는 데 적합합니다.

ICP-OES 의 장점은 고감도, 여러 원소의 동시 분석 및 넓은 동적 범위로 고순도 텅스텐 전극의 엄격한 요구 사항에 적합합니다. 단점은 샘플을 파괴적으로 용해해야 하고 기기가 비싸다는 것입니다. 최신 ICP-OES 기기에는 자동 샘플링 시스템과 데이터 처리 소프트웨어가 장착되어 있어 검출 효율성과 정확성을 개선합니다.

7.1.2 X 선 형광 분석(XRF)

X 선 형광(XRF)은 순수 텅스텐 전극의 화학적 조성을 신속하게 분석하는 데 사용되는 비파괴 검사 방법입니다. XRF 는 샘플에 X 선을 조사하여 원자 내층의 전자 전이를 여기시켜 특징적인 형광을 생성하고 텅스텐 및 불순물 원소의 함량을 분석합니다.

테스트를 위해 전극 샘플을 XRF 기기 스테이지에 직접 배치하여 복잡한 준비가 필요하지 않습니다. 이 기기는 고에너지 X 선(예: Rh 또는 W 표적)을 방출하고 샘플 원자에서 방출되는 형광은 검출기에 의해 수집되어 스펙트럼으로 변환됩니다. XRF 는 알루미늄(Al)에서 우라늄(U)에 이르기까지 다양한 원소를 검출할 수 있으며 검출 한계는 ppm(parts per million) 범위이므로 생산 현장의 신속한 품질 관리에 적합합니다.

XRF 의 장점은 비파괴적이고 빠르며(몇 분 이내) 작동이 간편하여 배치 테스트에 적합하다는 것입니다. 단점은 ICP-OES 보다 감도가 낮고 경원소(예: 산소, 탄소)의 검출 능력이 제한적이라는 것입니다. 또한 표면 오염이 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 샘플 표면이 깨끗한지 확인하는 것이 중요합니다. 휴대용 XRF 장비는 최근 몇 년 동안 현장 테스트에 널리 사용되어 유연성을 높였습니다.

7.1.3 화학적 적정

화학 적정은 텅스텐 전극에서 텅스텐의 주요량을 결정하는 데 사용되는 전통적인 분석 방법으로, 고정밀 기기가 없는 경우 실험실 검증 또는 검출에 적합합니다. 적정은 일반적으로 텅스텐 산염 침전-적정을 사용하여 화학 반응에 의해 텅스텐의 양을 정량화합니다.

테스트 프로세스에는 샘플 용해, 텅스텐 산 침전 및 적정 분석이 포함됩니다. 먼저,

전극 샘플을 산성 용액 (예 : 염산과 질산의 혼합물)에 용해시키고 수산화 나트륨을 첨가하여 텅스텐 산 나트륨 용액을 생성한다. 그 후, 텅스텐 산을 산의 첨가에 의해 침전시키고 표준 알칼리성 용액 (예 : NaOH)으로 여과 및 세척하고 텅스텐 함량을 계산한다. 적정 종말점은 일반적으로 지표(예: 페놀프탈레인) 또는 전위차 적정기에 의해 결정됩니다.

화학 적정의 장점은 장비가 간단하고 비용이 저렴하며 중소기업에 적합하다는 것입니다. 단점은 작업이 번거롭고 시간이 많이 걸리며 주원소(텅스텐)만 감지할 수 있고 미량의 불순물을 분석할 수 없다는 것입니다. 또한 수동 처리로 인해 오류가 발생할 수 있으며 실험 조건을 엄격하게 제어해야 합니다. 현대의 실험실은 대부분 ICP-OES 또는 XRF에 의존하며, 화학적 적정은 보조 검증 방법으로 사용됩니다.

7.2 순수한 텅스텐 전극의 물리적 성질

물리적 특성 테스트는 순수 텅스텐 전극의 밀도, 경도 및 전도성을 평가하여 기계적 및 전기적 특성이 용접 요구 사항을 충족하는지 확인합니다. 일반적인 방법에는 밀도 측정, 경도 테스트 및 전도도 테스트가 포함됩니다.

7.2.1 밀도 측정

밀도는 순수 텅스텐 전극의 최종 밀도를 측정하는 중요한 지표이며, 이론 밀도는 19.3g/cm^3 이며, 적격 전극의 밀도는 일반적으로 95%-98%의 이론 밀도에 도달해야 합니다. 밀도 측정은 아르키메데스 원리를 기반으로 하며, 이는 공기와 액체(일반적으로 물 또는 에탄올)에서 샘플의 질량 차이를 측정하여 밀도를 계산합니다.

테스트 장비에는 고정밀 전자 저울(정확도 $\pm 0.0001\text{g}$)과 자동 온도 조절 액체 탱크가 포함됩니다. 먼저 공기 중에서 샘플을 칭량하고 질량 m_1 을 기록합니다. 그런 다음 액체에 담가 무게를 측정하고 질량 m_2 을 기록합니다. 밀도는 $\rho = m_1 / (m_1 - m_2) \times \rho_0$ 로 계산되며, 여기서 ρ_0 는 액체의 밀도입니다. 테스트는 샘플 표면이 깨끗하고 기포가 없는지 확인해야 합니다.

밀도 측정의 장점은 간단하고 정확하며 생산 현장과 실험실 모두에 적합하다는 것입니다. 단점은 샘플 모양이 높아야 하고 불규칙한 샘플을 추가로 처리해야 한다는 것입니다. 최신 밀도 테스터에는 자동화된 측정 시스템이 장착되어 있어 빠른 다중 배치 검사가 가능하고 추적성을 위한 데이터를 기록할 수 있습니다.

7.2.2 경도 시험

경도는 순수 텅스텐 전극의 내마모성 및 기계적 강도를 반영하며 일반적으로 비커스(HV) 또는 브리넬(HB)로 테스트됩니다. 순수 텅스텐 전극의 경도는 일반적으로 생산 공정 및 입자 구조에 따라 HV 350-450입니다.

Vickers 경도 시험은 다이아몬드 피라미드 indenter를 표본의 표면에 짐 (보통 5-10 kg)를 적용하고, 압흔 대각선 길이를 측정하고, 경도 가치를 산출하기 위하여

이용합니다. 이 장비에는 비커스 경도 시험기와 현미경이 포함되어 있어 샘플 표면이 평평하고 광택이 나도록 합니다. 브리넬 경도 시험은 더 큰 샘플에 적합하지만 비커스보다 정확도가 약간 떨어지는 카바이드 볼 압자를 사용합니다.

경도 테스트의 장점은 직관적이고 신뢰할 수 있으며 전극의 가공 품질과 내구성을 반영합니다. 단점은 테스트 지점이 고도로 지역화되어 있으며 전체 성능을 나타내기 위해 여러 측정에 대해 평균화해야 한다는 것입니다. 자동화된 경도 시험기는 이미지 분석 소프트웨어를 통해 압흔 크기를 자동으로 측정하여 감지 효율성을 향상시킵니다.

7.2.3 전도도 테스트

전도도 테스트는 순수 텅스텐 전극의 전기적 특성을 평가하여 용접 중 전류를 전달하는 능력을 반영합니다. 순수 텅스텐 전극의 전도도는 약 30 % IACS (International Annealed Copper Standard)입니다. 4-프로브 방법은 일반적으로 전극의 저항을 측정하는 데 사용됩니다.

4 개의 프로브 방법은 4 개의 프로브를 사용하여 샘플 표면과 접촉하고, 바깥쪽 2 개의 프로브와 2 개의 내부 프로브에 일정한 전류를 적용하여 전압을 측정합니다. 저항률은 $\rho = (V/I) \times S/L$ 로 계산되며, 여기서 V는 전압, I는 전류, S는 샘플 단면적, L은 프로브 간격입니다. 전도도는 IACS 백분율로 변환되는 저항률의 역수입니다.

테스트 장비에는 4 개의 프로브 테스터, 정전류 소스 및 마이크로볼트미터가 포함되어 프로브가 양호하게 접촉하고 샘플 표면이 깨끗한지 확인합니다. 4-프로브 방법의 장점은 높은 정확도, 넓은 측정 범위 및 높은 전도성 재료에 대한 적합성입니다. 단점은 샘플 모양과 표면 품질이 높아야 한다는 것입니다. 최신 전도도 테스터는 자동화된 데이터 수집 및 분석을 지원하므로 배치 검사에 적합합니다.

7.3 순수 텅스텐 전극의 미세 구조 분석

미세 구조 분석은 순수 텅스텐 전극의 입자 크기, 결합 및 미세 구조 균일 성을 평가하는 데 사용되며 생산 공정의 품질 및 성능 안정성을 반영합니다. 일반적인 방법에는 광학 현미경, 주사 전자 현미경(SEM) 분석 및 입자 크기 분석이 포함됩니다.

7.3.1 광학 현미경 관찰

광학 현미경은 50-1000x 의 배율로 전극 단면의 입자 구조, 기공 및 개재물을 관찰하는 데 사용됩니다. 테스트 프로세스에는 샘플 준비, 관찰 및 문서화가 포함됩니다. 먼저, 전극 샘플을 수산화나트륨 및 페리시아화칼륨의 혼합물과 같은 부식제로 절단, 장착, 연마 및 부식시켜 결정립계를 나타냅니다. 그 후, 입자 형태, 결합 분포 및 조직 균일성을 광학 현미경으로 기록했습니다.

광학 현미경의 장점은 낮은 장비 비용, 간단한 작동 및 신속한 검사에 대한 적합성입니다. 단점은 해상도가 제한되어(약 0.2 μ m) 나노 크기의 결합을 관찰하기 어렵다는 것입니다. 최신 광학 현미경에는 입자 경계를 자동으로 식별하고 조직 보고서를 생성하는 이미지 분석 소프트웨어가 장착되어 있습니다.

CTIA GROUP LTD

Pure Tungsten electrode Introduction

1. Overview of Pure Tungsten Electrode

Pure tungsten electrodes are electrode materials made primarily from high-purity tungsten (content $\geq 99.95\%$) through powder metallurgy processes, including pressing, sintering, forging, and precision machining. They contain no rare earth or alloying elements, making them the most basic type of tungsten electrodes. They are widely used in welding and plasma applications that require high temperatures and high current density.

2. Main Applications of Pure Tungsten Electrode

TIG Welding (Tungsten Inert Gas Welding): Especially suitable for DC welding of reactive metals such as magnesium, aluminum, and titanium (using DCEN).

Plasma Cutting and Spraying: Used as electrode materials for high-temperature ion sources.

Electronic Devices: Serves as cathodes or supporting components in vacuum devices such as electron tubes and discharge tubes.

High-Temperature Furnace Electrodes: Used as heating electrodes in resistance furnaces operating in inert atmospheres or vacuum environments.

Scientific Research and Experimental Applications: Involved in high-temperature and high energy-density experiments.

3. Basic Data of Pure Tungsten Electrode

Item	Parameter
Chemical Composition (W)	$\geq 99.95\%$
Melting Point	3410°C
Density	19.3 g/cm^3
Electrical Conductivity (20°C)	$\sim 30\% \text{ IACS}$
Hardness (HV)	340 – 400 HV
Thermal Conductivity	$170 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Operating Current Range	DCEN, depends on diameter and base metal
Electrode Diameter Range	$\varnothing 0.5 \text{ mm} \sim \varnothing 6.4 \text{ mm}$ (customizable)
Electrode Length	Standard lengths: 150 mm and 175 mm (customizable)
Applicable Standard	ISO 6848 (Tungsten electrodes for welding)

4. Supply Form and Packaging of Pure Tungsten Electrode

Form: Polished rods, with customized ground tips

Standard Packaging: 10 pieces per plastic box, outer carton with shock-resistant protection

Customization: Dimensions, packaging, and tips can be customized

5. Procurement Information

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

Website: www.tungsten.com.cn

저작권 및 법적 책임 선언문

7.3.2 주사전자현미경(SEM)

주사 전자 현미경(SEM)은 전자빔으로 샘플 표면을 스캔하여 현미경 지형, 파괴 특징 및 전극의 결함을 분석하는 데 사용할 수 있는 고해상도 이미지(나노미터 해상도까지)를 생성합니다. SEM에는 국소 화학 조성 분석을 위한 에너지 분산 분광계(EDS)가 장착되어 있는 경우가 많습니다.

테스트를 위해 샘플을 절단하고 연마한 다음 금이나 탄소와 같은 전도층으로 코팅하여 전기 전도성을 향상시킵니다. SEM은 전자빔과 샘플의 상호 작용을 통해 2차 전자 및 후방 산란 전자와 같은 신호를 생성하고 표면 지형 또는 구성 요소 분포 이미지를 생성합니다. SEM은 전극 표면의 미세 균열, 다공성 및 불순물 분포를 감지하여 생산 공정의 결함 제어 능력을 평가할 수 있습니다.

SEM의 장점은 고해상도, 선명한 이미징 및 미세 구조에 대한 심층 분석입니다. 단점은 고가의 장비, 복잡한 시료 준비 및 고진공 상태에서 작동해야 한다는 것입니다. 최신 SEM은 3D 재구성 및 자동 스캐닝을 지원하여 분석 효율성을 향상시킵니다.

7.3.3 입자 크기 분석

입자 크기는 전극의 기계적 특성과 용접 성능에 영향을 미치는 중요한 매개 변수이며, 미세하고 균일한 입자는 강도와 인성을 향상시킬 수 있습니다. 입자 크기 분석은 일반적으로 광학 현미경 또는 SEM과 함께 수행되며, 여기서 평균 입자 크기는 이미지 분석 소프트웨어로 측정됩니다.

검출 방법에는 선형 절편법과 면적 방법이 있습니다. 선형 가로채기 방법은 현미경 이미지에 임의의 직선을 그리고 입자 경계 교차점의 수를 계산하여 평균 입자 크기를 계산합니다. 면적 방법은 각 입자의 면적을 측정하여 크기 분포를 계산합니다. ASTM E112와 같은 표준은 입자 크기 등급에 대한 사양을 제공하며 순수 텅스텐 전극은 일반적으로 10-50 μm 의 입자 크기를 갖습니다.

입자 크기 분석의 장점은 정량적이고 직관적이며 소결 및 열처리 공정의 품질을 직접 반영한다는 것입니다. 단점은 대표성을 보장하기 위해 많은 양의 통계 데이터가 필요하다는 것입니다. 자동화된 이미지 분석 소프트웨어를 사용하면 미세한 이미지를 신속하게 처리할 수 있어 분석 효율성과 정확성이 향상됩니다.

7.4 순수 텅스텐 전극의 용접 성능 시험

용접성 시험은 아크 시작 성능, 아크 안정성 및 전극 소비율을 포함하여 실제 용접에서 순수 텅스텐 전극의 성능을 평가합니다. 이러한 테스트는 표준 용접 조건에서 수행되며 실제 응용 시나리오를 시뮬레이션합니다.

7.4.1 아크 성능 테스트

아크 시작 성능은 전극이 아크를 시작하는 어려움을 반영하며, 순수한 텅스텐 전극은 높은 전자 작업 (약 4.52 eV)으로 인해 DC 용접 (DC)에서 아크가 더 어렵지만 AC

용접 (AC)에서 더 나은 성능을 발휘합니다. 테스트 방법은 다음과 같습니다.

표준 용접 테스트: TIG 용접 장비를 사용하여 표준 전류(50-150A), 아르곤 보호(8-15L/min) 및 알루미늄 합금 기판에서 테스트되었습니다. 아크 전압이 낮을수록 시간이 짧을수록 성능이 좋아집니다.

고주파 아크 시작 테스트: 고주파 아크 시작 장치는 다른 전류에서 전극의 응답 속도를 평가하기 위해 아크 시작을 지원하는 데 사용됩니다. 오류를 줄이기 위해 테스트를 여러 번 반복하고 평균을 내야 합니다.

검사 장비에는 TIG 용접기, 전압계 및 타이머가 포함되어 전극이 반구형 (AC 용접) 또는 원추형 (DC 용접)으로 연마되었는지 확인합니다. 아크 시동 성능 테스트의 장점은 직관적이고 실제 적용에 가깝다는 점이며, 단점은 결과가 장비 및 작업자의 영향을 크게 받는다는 것입니다. 자동화된 테스트 시스템은 센서를 통해 아크 시작 매개변수를 기록할 수 있으므로 데이터의 신뢰성이 향상됩니다.

7.4.2 아크 안정성 테스트

아크 안정성은 용접 공정 중 아크의 연속성과 균일성을 반영하며, 이는 용접 품질에 직접적인 영향을 미칩니다. 순수 텅스텐 전극은 AC 용접에서 우수한 아크 안정성을 갖지만 DC 용접에서 드리프트가 발생하기 쉽습니다. 테스트 방법은 다음과 같습니다.

전압 변동 분석: 표준 용접 조건(100-200A, 아르곤 보호)에서 아크 전압 변동 기록. 전압 변동이 작을수록 아크가 더 안정적입니다. 테스트 장비에는 오실로스코프와 전압 센서가 포함됩니다.

육안 관찰: 고속 카메라로 호 모양을 기록하고 호의 길이, 모양 및 드리프트를 분석합니다. 안정화 호는 큰 점프나 중단 없이 가늘어져야 합니다.

용접 품질 평가: 용접 브레드보드는 용접 균일성, 침투 및 표면 결함을 확인하는 데 사용됩니다. 안정적인 아크는 매끄럽고 다공성이 없는 용접을 생성합니다.

아크 안정성 테스트에서는 결과의 비교 가능성을 보장하기 위해 기판, 전류 및 가스 흐름과 같은 매개변수를 제어해야 합니다. 최신 테스트 시스템은 인공 지능을 통해 아크 이미지와 전압 데이터를 분석하여 정량적 평가를 제공합니다.

7.4.3 전극 소비율 테스트

전극 소비율은 용접시 전극의 손실률을 반영하며, 순수한 텅스텐 전극은 특히 고전류 (>200 A)에서 높은 전자 탈출로 인해 더 높은 작업 소비율을 갖습니다. 테스트 방법은 다음과 같습니다.

길이 손실 측정: 표준 용접 조건(200A, AC 용접, 30 분)에서 전극 길이 감소를 측정합니다. 소비율은 mm/h 로 표시되며 일반적으로 0.1-0.5mm/h 입니다.

질량 손실 측정: 단위 시간당 질량 손실은 고정밀 저울로 용접 전후의 전극 간의 질량 차이를 측정하여 계산됩니다. 질량 손실 방법은 더 정확하고 실험실 테스트에 적합합니다.

최종 형태 분석: 현미경을 통해 용접 후 전극의 형태를 관찰하여 연소 손실 및 휘발 정도를 평가합니다. 반구형 모양과 같은 안정적인 팁 형태는 소비율이 낮다는 것을 나타냅니다.

전극 소비율 테스트에는 일관된 결과를 보장하기 위해 전극의 용접 시간, 전류 및 각도를 제어해야 합니다. 자동 테스트 시스템은 전극 길이 및 품질의 변화를 실시간으로 기록하여 검사 효율성을 향상시킬 수 있습니다.

7.5 순수 텅스텐 전극의 환경 및 안전 테스트

환경 및 안전 테스트는 방사능 테스트 및 분진 및 배기 가스 방출 테스트에 중점을 두고 생산 및 사용 공정에서 순수 텅스텐 전극의 환경 보호 및 안전성을 평가합니다.

7.5.1 방사능 검출 (토륨-텅스텐 전극 비교)

순수한 텅스텐 전극은 비방사성이며, 이는 토륨 텅스텐 전극 (산화 토륨, ThO₂ 함유)에 비해 상당한 장점입니다. 방사능 검사는 순수 텅스텐 전극의 안전성을 확인하고 토륨 텅스텐 전극과 비교하는 데 사용됩니다. 분석에는 다음이 포함됩니다.

감마선 검출: 감마선 선량률($\mu\text{Sv/h}$)은 가이거 계수기 또는 섬광 검출기를 사용하여 전극의 방사능 수준을 측정하여 기록됩니다. 순수 텅스텐 전극의 선량률은 배경 방사선 수준 (약 $0.1 \mu\text{Sv/h}$)에 가까워야 하는 반면, 토륨-텅스텐 전극은 $1-10 \mu\text{Sv/h}$ 에 도달 할 수 있습니다.

방사성 핵종 분석: 전극의 방사성 핵종(예: Th-232, U-238)을 고순도 게르마늄 검출기(HPGe)로 분석하여 방사성 불순물이 없는지 확인합니다. 감지는 배경 간섭을 줄이기 위해 차폐된 방에서 수행해야 합니다.

방사능 검출은 빠르고 신뢰할 수 있다는 장점이 있어 전극이 안전 표준(예: ISO 6848)을 준수하도록 보장합니다. 단점은 장비가 비싸고 전문적으로 작동해야 한다는 것입니다. 순수한 텅스텐 전극의 비 방사성 특성은 환경 및 안전 요구 사항이 높은 시나리오에서 더욱 유리합니다.

7.5.2 먼지 및 배기 가스 배출 감지

순수 텅스텐 전극 생산의 연삭, 연마 및 소결 공정은 텅스텐 분진 및 배기 가스 (예 : 텅스텐 산화물 증기)를 생성 할 수 있으며 환경 규정을 준수하기 위해 방출 수준을 테스트해야 합니다. 분석에는 다음이 포함됩니다.

분진 농도 감지: 생산 현장의 분진 농도는 레이저 분진계 또는 중량 측정 방법을 사용하여 측정하여 직업적 노출 한계(예: 중국 표준의 경우 4mg/m^3) 미만인지

확인합니다. 샘플링 지점은 연삭 및 연마 영역을 커버해야 합니다.

배기 가스 분석 : 소결로에서 방출되는 배기 가스의 조성을 가스 분석기 (예 : 적외선 분광계)로 감지하여 산화 텅스텐, 질소 산화물 및 휘발성 유기 화합물 (VOC)의 농도를 분석합니다. 배기 가스는 먼지 제거 및 흡착 처리 후에 배출되어야 합니다.

폐수 테스트: 세척 및 정화 공정의 폐수에 있는 텅스텐 및 기타 중금속을 ICP-OES 또는 분광 광도법으로 분석하여 배출 표준(예: 중국 GB 25466-2010)을 준수하는지 확인합니다.

먼지 및 배기 가스 감지는 정기적으로 수행되어야 하며 배출 데이터를 실시간으로 기록할 수 있는 온라인 모니터링 시스템을 갖추어야 합니다. HEPA 필터 및 습식 스크리버와 같은 최신 환경 장비는 배출량을 크게 줄이고 친환경 제조 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

7.6 순수 텅스텐 전극 테스트 장비의 교정 및 표준화

테스트 장비의 교정 및 표준화는 검사 결과의 정확성과 비교 가능성을 보장하는 핵심이며, 이는 품질 관리의 신뢰성에 직접적인 영향을 미칩니다.

7.6.1 장비 교정 방법

테스트 장비의 교정은 국제 또는 국가 표준(e.g. ISO/IEC 17025)에 따라 정기적으로 수행됩니다. 일반적인 보정 방법은 다음과 같습니다.

ICP-OES 캘리브레이션: 다중 원소 표준 용액(텅스텐, 철, 니켈 등의 알려진 농도 포함)을 사용하여 표준 곡선을 플로팅하여 기기 감도 및 선형성 범위를 보정합니다. 보정은 매주 수행되며 보정 계수가 기록됩니다.

XRF 보정: 고순도 텅스텐 블록과 같은 표준 샘플을 사용하여 원소 농도의 함수로 형광 강도를 보정합니다. 일관된 테스트를 보장하기 위해 매월 교정이 수행됩니다.

경도 시험기 교정: 압흔 크기 및 하중은 $\pm 2\%$ 의 오차로 표준 경도 블록(예: HV 400)을 사용하여 교정됩니다. 보정은 분기별로 수행됩니다.

현미경 보정: 표준 스케일을 사용하여 $\pm 1\%$ 의 오차로 배율 및 이미지 해상도를 보정합니다. 교정은 매년 수행됩니다.

교정은 전문가에 의해 수행되며 교정 날짜, 매개변수 및 결과가 기록됩니다. 자동 교정 시스템은 소프트웨어를 통해 표준 샘플의 주입 및 데이터 분석을 제어하여 교정 효율성을 향상시킬 수 있습니다.

7.6.2 국제 테스트 표준

텅스텐 전극은 결과의 글로벌 비교 가능성을 보장하기 위해 국제 표준에 따라

테스트됩니다. 관련 표준은 다음과 같습니다.

ISO 6848:2015: 텅스텐 전극의 화학적 조성 및 특성을 테스트하기 위한 요구 사항을 지정하고 구성 요소 검출 및 조직의 현미경 분석을 위해 ICP-OES 또는 XRF 를 사용할 것을 권장합니다.

AWS A5.12:2009: 전극의 화학적 조성 및 표면 품질을 확인해야 하며 신속한 분석을 위해 XRF 와 같은 비파괴 방법을 권장합니다.

ASTM E112: 미세 구조 분석을 위한 입자 크기 측정을 위한 표준 방법을 제공합니다.

ISO 14001: 배출 제어 및 모니터링에 중점을 두고 먼지 및 배기 가스 감지를 위한 환경 관리 지침을 제공합니다.

이러한 표준은 검출 방법의 표준화를 위한 기초를 제공합니다. 앞으로 국제 테스트 표준은 인공 지능 및 빅 데이터 기술을 더욱 통합하여 보다 정확한 테스트 사양을 개발할 수 있습니다.



CTIA GROUP LTD 의 순수 텅스텐 전극

8 장 : 순수 텅스텐 전극의 장점과 단점 분석

텅스텐 아르곤 아크 용접 (TIG 용접)의 전통적인 재료로서, 순수 텅스텐 전극 (WP 전극)은 독특한 물리적 및 화학적 특성으로 인해 용접 산업에서 중요한 위치를 차지합니다. 그러나, 그 적용 범위와 성능은 특히 도핑 된 텅스텐 전극 (예 : 세륨 텅스텐 및 란탄 텅스텐 전극)과 비교할 때 제한됩니다. 이 장에서는 순수 텅스텐 전극의 장점과 단점을 체계적으로 분석하고 개선 방향에 대해 논의하여 생산 및 적용에 대한 지침을 제공합니다.

8.1 순수 텅스텐 전극의 장점

순수한 텅스텐 전극은 비용 이점, 고온 안정성 및 AC 용접에 적합하기 때문에 특정 시나리오에서 대체 할 수 없는 가치를 가지고 있습니다. 다음은 세 가지 측면에서 장점을 자세히 설명합니다.

8.1.1 저렴한 비용

순수 텅스텐 전극의 주요 장점 중 하나는 상대적으로 낮은 생산 비용으로 경제적 요구 사항이 높은 용접 응용 분야에 이상적이라는 것입니다. 순수한 텅스텐 전극은 고순도 텅스텐 ($\geq 99.5\%$)으로 만들어지며 희토류 산화물 (예 : 세륨 산화물, 란탄 산화물 또는 토륨 산화물)로 도핑되지 않아 값 비싼 첨가제 및 복잡한 제형의 사용을 피합니다. 텅스텐은 세계에서 매장량이 풍부한 희귀 금속으로서 (중국이 세계 매장량의 약 50 %를 차지함) 안정적인 원료 공급망과 낮은 가격 변동을 가지고 있습니다. 또한, 순수 텅스텐 전극 (예 : 분말 야금 및 압력 가공)의 생산 공정은 고도로 성숙하고 장비는 매우 다재다능하며 대규모 생산은 비용을 더욱 절감합니다.

도핑 된 전극과 비교하여 순수 텅스텐 전극의 생산에는 추가적인 희토류 정제 및 도핑 공정이 필요하지 않으므로 에너지 소비와 인건비가 크게 절감됩니다. 예를 들어, 세륨 텅스텐 전극은 산화 세륨의 균일 한 분포를 정밀하게 제어해야하며, 이는 소결 및 품질 관리에 복잡성을 추가하는 반면 순수 텅스텐 전극의 생산 공정은 훨씬 간단합니다. 비용 우위는 순수한 텅스텐 전극을 건설, 조선 및 일반 가공과 같은 비용에 민감한 산업에서 널리 사용되도록 합니다. 또한, 순수 텅스텐 전극의 비 방사성 특성은 특수 보관 및 폐기의 요구 사항을 피하고 사용 비용을 더욱 절감하며 녹색 제조의 추세와 일치합니다.

실제로, 텅스텐 전극의 저렴한 비용으로 인해 알루미늄 커튼 월, 자동차 부품 및 압력 용기와 같은 대량 용접 작업에 적합합니다. 성능은 어떤면에서 도핑 된 전극만큼 좋지는 않지만 순수한 텅스텐 전극은 적당한 품질 요구 사항이있는 AC 용접 시나리오에 비용 효율적인 옵션을 제공합니다.

8.1.2 고온 안정성

매우 높은 용점 (3422°C)과 우수한 고온 안정성으로 인해 순수 텅스텐 전극은 가혹한 용접 환경에서 구조적 무결성과 안정적인 성능을 유지할 수 있습니다. 텅스텐은 모든 금속 중 가장 높은 용점을 가지므로 순수한 텅스텐 전극이 높은 아크 온도 (약 $6000\text{--}7000^{\circ}\text{C}$)에서 열 충격을 견딜 수 있으므로 용융, 연소 또는 변형의 위험을 줄일 수

있습니다. 이 기능은 전극이 고전류(100-300A) 또는 장기간 연속 용접 중에도 안정적인 말단 모양을 유지하여 긴 서비스 수명을 보장합니다.

AC 용접에서 순수한 텅스텐 전극은 일반적으로 반구형 끝을 형성하여 아크 에너지를 고르게 분배하고 국부 과열을 줄이며 용접 품질을 향상시키는 데 도움이 됩니다. 낮은 증기압(3000°C 에서 0Pa 에 가까움)은 고온에서 재료 증발을 더욱 줄여 전극의 치수 안정성과 아크 일관성을 유지합니다. 또한, 순수 텅스텐 전극 (약 173 W / m · K)의 우수한 열전도율로 인해 아크 열을 빠르게 발산하고 과열로 인한 단부 연화 또는 균열을 방지 할 수 있습니다.

순수 텅스텐 전극의 고온 안정성은 특히 항공 우주, 자동차 및 전자 산업에서 경금속 (예 : 알루미늄, 마그네슘) 및 그 합금을 용접하는 데 탁월합니다. 알루미늄 합금의 높은 열전도율 및 산화막 특성은 전극이 고온에서 안정적으로 유지되어야 하며 순수 텅스텐 전극의 성능은 이러한 요구 사항을 충족할 수 있습니다. 또한 화학적 안정성으로 인해 아르곤이나 헬륨과 같은 불활성 가스의 보호 하에 환경과 반응하는 경향이 적어 용접의 순도를 보장합니다.

8.1.3 AC 용접에 적합

AC 용접 (AC)에서 순수 텅스텐 전극의 우수한 성능은 가장 중요한 응용 분야 이점이며, 특히 알루미늄, 마그네슘 및 그 합금과 같은 산화막으로 경금속을 용접하는 데 적합합니다. AC 용접은 교류의 교대 포지티브 및 마이너티브 반주기를 통해 아크의 동적 평형을 실현합니다. 순수한 텅스텐 전극은 양의 반주기 (전극은 음극)동안 전자를 방출하여 고온 아크를 생성합니다. 음의 반주기(공작물이 음극임) 동안 아크는 공작물 표면의 산화막(예: Al_2O_3 , 약 2050°C 의 용점)에 "음극 세척" 효과를 생성하여 산화물 층을 효과적으로 제거하고 깨끗한 용접을 형성합니다.

순수한 텅스텐 전극은 AC 용접에서 안정적인 반구형 끝을 형성하여 아크 분포 및 에너지 전달을 최적화하여 아크 드리프트 또는 중단의 위험을 줄입니다. 높은 용점과 열전도율은 교류의 열 주기 동안 전극이 안정적으로 유지되도록 하여 고주파 또는 고전류 용접 조건에 적합합니다. 또한, 순수 텅스텐 전극의 비 방사성 특성은 높은 안전 요구 사항 (예 : 식품 가공 장비, 의료 기기 제조)을 가진 산업에서 더 유리하며 토륨 텅스텐 전극 (방사성 토륨 산화물 포함)보다 환경 규정을 더 잘 준수합니다.

순수 텅스텐 전극에 대한 AC 용접 응용 분야는 건설, 해양, 항공 우주 및 자동차 산업을 포괄합니다. 예를 들어, 알루미늄 선박 구조물의 용접에서 순수 텅스텐 전극은 내식성 및 강도 요구 사항을 충족하는 매끄럽고 결함이 없는 용접을 제공합니다. 항공 우주 분야에서 알루미늄 및 마그네슘 합금의 정밀 용접은 순수 텅스텐 전극의 안정적인 아크에 의존하여 구성 요소의 높은 신뢰성을 보장합니다. 결론적으로, AC 용접에 대한 순수 텅스텐 전극의 전문 지식으로 인해 경금속 용접에 선택되는 재료입니다.

CTIA GROUP LTD

Pure Tungsten electrode Introduction

1. Overview of Pure Tungsten Electrode

Pure tungsten electrodes are electrode materials made primarily from high-purity tungsten (content $\geq 99.95\%$) through powder metallurgy processes, including pressing, sintering, forging, and precision machining. They contain no rare earth or alloying elements, making them the most basic type of tungsten electrodes. They are widely used in welding and plasma applications that require high temperatures and high current density.

2. Main Applications of Pure Tungsten Electrode

TIG Welding (Tungsten Inert Gas Welding): Especially suitable for DC welding of reactive metals such as magnesium, aluminum, and titanium (using DCEN).

Plasma Cutting and Spraying: Used as electrode materials for high-temperature ion sources.

Electronic Devices: Serves as cathodes or supporting components in vacuum devices such as electron tubes and discharge tubes.

High-Temperature Furnace Electrodes: Used as heating electrodes in resistance furnaces operating in inert atmospheres or vacuum environments.

Scientific Research and Experimental Applications: Involved in high-temperature and high energy-density experiments.

3. Basic Data of Pure Tungsten Electrode

Item	Parameter
Chemical Composition (W)	$\geq 99.95\%$
Melting Point	3410°C
Density	19.3 g/cm^3
Electrical Conductivity (20°C)	$\sim 30\% \text{ IACS}$
Hardness (HV)	340 – 400 HV
Thermal Conductivity	$170 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Operating Current Range	DCEN, depends on diameter and base metal
Electrode Diameter Range	$\varnothing 0.5 \text{ mm} \sim \varnothing 6.4 \text{ mm}$ (customizable)
Electrode Length	Standard lengths: 150 mm and 175 mm (customizable)
Applicable Standard	ISO 6848 (Tungsten electrodes for welding)

4. Supply Form and Packaging of Pure Tungsten Electrode

Form: Polished rods, with customized ground tips

Standard Packaging: 10 pieces per plastic box, outer carton with shock-resistant protection

Customization: Dimensions, packaging, and tips can be customized

5. Procurement Information

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

Website: www.tungsten.com.cn

저작권 및 법적 책임 선언문

8.2 순수 텅스텐 전극의 단점

순수 텅스텐 전극의 중요한 장점에도 불구하고, 성능 제한은 특정 용접 시나리오, 특히 DC 용접 및 고온 및 고부하 조건에서의 적용을 제한합니다. 다음은 세 가지 측면에서 단점을 분석한 것입니다.

8.2.1 DC 용접 성능 저하

DC 용접 (DC)에서 순수 텅스텐 전극의 성능은 주로 높은 전자 작업 (약 4.52 eV)으로 인해 좋지 않아 아크 시작이 어렵고 아크 불안정성이 발생합니다. DC 양극 연결(DCSP)에서 전극은 음극으로 많은 수의 전자를 방출해야 하며 높은 전자 작업에는 더 높은 아크 전압이 필요하므로 아크 또는 아크 점프가 발생하지 않는 경향이 있습니다. 역 DC 극성(DCRP)에서 전극은 더 높은 열 부하에서 양극으로 작용하여 과열, 연소 또는 말단 변형으로 이어질 수 있습니다.

대조적으로, 희토류 산화물 (예 : 세륨 - 텅스텐 전극)로 도핑 된 전극은 약 2.7-3.0 eV 를 갖는다. 란탄 텅스텐 전극, 약 2.8-3.2 eV)는 DC 용접에서 낮은 아크 시작 전압과 더 안정적인 아크를 가지며 스테인레스 스틸, 탄소강 및 니켈 합금의 용접에 널리 사용됩니다. DC 용접에서 순수 텅스텐 전극의 한계로 인해 응용 분야는 주로 임시 수리 또는 저전류 용접과 같은 수요가 적은 시나리오로 제한되는 반면 도핑 된 전극은 주로 고정밀 또는 고효율 DC 용접에 사용됩니다.

이러한 단점을 완화하기 위해 고주파 아크 타격 장치를 사용하거나 전극 끝의 각도(예: 원뿔)를 최적화하여 아크 시작 성능을 향상시킬 수 있지만 그 효과는 제한적입니다. 또한 DC 용접의 아크 불안정성은 고르지 않은 용접 또는 결함 증가로 이어져 고성능 용접에서 순수 텅스텐 전극의 경쟁력을 제한할 수 있습니다.

8.2.2 높은 전극 소비율

텅스텐 전극은 특히 고전류 (>200 A) 또는 장기 연속 용접에서 높은 전자 작업 탈출로 인해 전극 소비율이 높으며, 이는 높은 온도로 이어져 재료의 휘발 및 연소 손실을 가속화합니다. 소비는 전극 길이의 점진적인 단축과 반구형에서 불규칙한 모양으로의 변경과 같은 끝 형태의 변경으로 나타나며, 이는 아크의 안정성과 용접 품질에 영향을 미칩니다.

AC 용접에서 반구형 단부의 형성은 부분적으로 소비 속도를 늦추지만 소비율은 고주파 또는 불안정한 전류에서 여전히 높습니다. DC 용접에서 소비율은 특히 전극의 고온 작동으로 인해 급격한 재료 손실이 발생하는 DC 순방향 연결(DCSP)에서 훨씬 더 중요합니다. 대조적으로, 도핑 된 전극 (예 : 란탄 텅스텐 전극)은 일반적으로 전자 탈출 작업이 적고 말단 형태가 더 안정적이기 때문에 순수 텅스텐 전극보다 소비율이 낮습니다.

높은 소비율은 전극 교체 빈도와 운영 비용을 증가시켜 특히 자동 용접에서 생산 중단으로 이어질 수 있습니다. 전극의 수명을 연장하려면 적절한 모양을 유지하기 위해 끝단을 정기적으로 날카롭게 해야 하며 용접 매개변수(예: 전류 감소, 가스 보호

증가)를 최적화해야 합니다. 그러나 잦은 연삭은 노동력과 시간 비용을 증가시켜 고하중 용접에서 순수 텅스텐 전극의 적용을 제한합니다.

8.2.3 아크의 어려움 및 불안정한 아크

어려운 아크 시작과 아크 불안정성은 순수 텅스텐 전극의 주요 단점이며, 이는 높은 전자 탈출 작업과 밀접한 관련이 있습니다. DC 용접에서 높은 아크 전압과 불규칙한 전자 방출로 인해 특히 저전류(<50A) 또는 고주파에서 아크를 시작하거나 유지하기가 어렵습니다. AC 용접에서 교류의 포지티브 및 네거티브 반주기의 교대 효과는 아크의 어려움을 부분적으로 완화할 수 있지만 더 높은 아크 전압은 여전히 필요합니다.

아크 불안정성은 아크 드리프트, 점프 또는 중단으로 나타나며 용접의 균일성과 품질에 영향을 미칩니다. 표면 오염(예: 산화물, 오일) 또는 부적절한 말단 형태(예: 과도한 마모)는 불안정성을 더욱 악화시킬 수 있으므로 전극을 정기적으로 청소하고 샌딩해야 합니다. 또한, 순수 텅스텐 전극은 아크 시작 성능을 향상시키기 위해 고주파 아크 타격 장치 또는 안정적인 전원 공급 장치를 장착해야 하는 용접 장비에 대한 높은 요구 사항을 가지고 있습니다.

도핑 된 전극과 비교할 때, 순수한 텅스텐 전극은 특히 DC 용접에서 아크 안정성이 좋지 않습니다. 세륨-텅스텐 및 란탄 텅스텐 전극은 희토류 산화물의 도핑을 통해 전자 작업을 감소시켜 아크 시작 성능과 아크 안정성을 크게 향상시키고 다양한 용접 시나리오에 적합합니다. 순수 텅스텐 전극의 이러한 단점은 고정밀 및 고효율 용접에서의 적용을 제한하며, 이는 공정 최적화 또는 장비 개선으로 보상해야 합니다.

8.3 순수 텅스텐 전극의 개선 방향

순수 텅스텐 전극의 단점을 극복하고 경쟁력을 향상시키기 위해 연구자와 기업은 공정 최적화, 합금 연구 및 새로운 전극 재료의 개발이라는 세 가지 방향에서 개선 경로를 모색하고 있습니다. 이러한 개선은 전극의 용접 성능을 향상시키고 소비율을 줄이며 적용 범위를 넓히는 것을 목표로 합니다.

8.3.1 프로세스 최적화

공정 최적화는 순수 텅스텐 전극의 성능을 향상시키는 직접적인 방법이며 생산 공정 개선 및 용접 매개 변수 최적화에 중점을 둡니다. 생산 측면에서 전극의 품질은 다음과 같이 향상될 수 있습니다.

고순도 제어 : 이온 교환 및 용매 추출과 같은 고급 정제 기술을 사용하여 텅스텐 분말의 순도를 99.99 %로 높이고 아크 시작 성능 및 아크 안정성에 대한 불순물의 영향이 감소합니다. 환원 및 소결 공정을 최적화하고 산소 함량(예: $\leq 0.01\%$)을 줄이며 전극의 전도성 및 고온 저항을 개선합니다.

결정립 미세화: 결정립 성장은 미세하고 균일한 결정립 구조(10-20 μm)를 얻기 위해 빠른 소결 기술(예: 방전 플라즈마 소결, SPS) 또는 미량 억제제(예: 알루미늄)의 첨가에 의해 제어됩니다. 결정립 미세화는 전극의 경도와 인성을 향상시키고

고온에서 소비율을 감소시킵니다.

표면 품질 개선: 연마 및 세척 공정을 개선하고, 표면 거칠기를 줄이며, 아크 안정성에 대한 표면 결함의 간섭을 줄입니다. 자동 연마 장비는 표면 일관성을 보장하고 전극의 용접 성능을 향상시키는 데 사용됩니다.

용접 응용 분야에서, 순수 텅스텐 전극의 성능은 매개 변수와 장비를 최적화하여 향상시킬 수 있습니다. 예를 들어, 전류 파형(예: 구형파 AC)을 조정하여 아크 전압을 줄일 수 있으며 아르곤 또는 헬륨 차폐 가스(10-20L/min)의 유량을 증가시켜 아크 안정성을 향상시킬 수 있습니다. 또한 고주파 아크 시작 장치와 고급 TIG 용접기는 아크 난이도를 크게 향상시킬 수 있어 DC 용접 시나리오에 적합합니다.

프로세스 최적화의 장점은 저렴한 비용, 입증된 기술, 기존 생산 위에 대한 신속한 구현입니다. 단점은 개선 범위가 제한되어 있고 고전자 작업 결과의 근본적인 한계를 완전히 극복하기 어렵다는 것입니다.

8.3.2 합금 연구

합금 연구는 매트릭스에 미량 원소를 추가하여 순수 텅스텐의 전기적 및 기계적 특성을 향상시키는 동시에 비용 이점과 비방사성 특성을 유지합니다. 합금의 목표는 전자 발생 작업을 줄이고 아크 안정성을 개선하며 소비율을 줄이는 것이며 일반적인 연구 방향은 다음과 같습니다.

미량 희토류 도핑 : 희토류 산화물 (예 : 란타넘 산화물, 세륨 산화물)을 낮은 함량 (<0.5 %)으로 순수한 텅스텐에 첨가하여 전자 작업 (4.0-4.2 eV)을 줄이고 아크 시작 성능 및 아크 안정성을 향상시킵니다. 미량 도핑은 DC 용접 성능을 향상시키면서 순수 텅스텐의 비용 이점을 유지합니다.

비희토류 원소 도핑: 지르코니아(ZrO_2) 또는 이트륨 산화물(Y_2O_3)과 같은 비희토류 산화물을 첨가하여 전극의 고온 강도와 크리프 저항을 향상시키고 소비율을 줄이는 방법을 살펴봅니다. 이러한 원소는 방사성을 갖지 않으며 환경 요구 사항을 충족합니다.

복합 도핑: 화합물 도핑을 위해 다양한 산화물(예: 란타넘 산화물 + 지르코니아)을 결합하여 전극의 포괄적인 성능을 최적화합니다. 복합 도핑은 아크 시작 성능, 아크 안정성 및 내구성의 균형을 유지하여 고하중 용접에 적합합니다.

합금 연구는 불균일한 도핑으로 인한 성능 변동을 방지하기 위해 도핑된 원소의 분포와 함량을 정확하게 제어해야 합니다. 현대 생산 기술(예: 플라즈마 도핑, 화학 기상 증착)은 매우 균일한 도핑과 전극 품질 향상을 가능하게 합니다. 그러나 합금은 생산 비용과 공정 복잡성을 증가시킬 수 있으므로 성능 향상과 경제성 간의 절충이 필요합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

8.3.3 전극 신소재 개발

새로운 전극 재료의 개발은 순수 텅스텐 전극의 한계를 근본적으로 극복하고 전자 탈출 작업이 적고 내구성이 높으며 적용 가능성이 넓은 재료를 탐색하는 것을 목표로 합니다. 그의 연구 관심 분야는 다음과 같습니다.

나노 결정 텅스텐 전극 : 나노 텅스텐 분말 (입자 크기 < 100 nm)을 사용하여 전극을 제조하고 초 미세 입자 구조로 경도, 인성 및 아크 안정성을 향상시킵니다. 나노 결정 텅스텐 전극의 전자 작업은 전통적인 텅스텐 전극의 전자 작업보다 약간 낮으며 아크 시작 성능이 향상됩니다. SPS 와 같은 급속 소결 기술은 나노 결정 전극 구현의 핵심입니다.

텅스텐 매트릭스 복합 재료 : 텅스텐의 높은 용점 및 복합 재료 (>50 % IACS)의 우수한 전도성과 결합 된 텅스텐 및 고 전도성 재료 (예 : 구리 및 그래 핀)의 복합 전극의 개발은 아크 전압 및 전극 소비를 크게 줄입니다. 복합재는 계면 접합 및 고온 안정성의 문제를 해결해야 합니다.

새로운 비방사성 전극: 몰리브덴 기반 또는 하프늄 기반 합금과 같은 텅스텐 이외의 대체 재료를 낮은 전자 탈출 작업을 가진 비용융 전극으로 탐색합니다. 이러한 재료는 높은 용점(>2000°C)과 화학적 안정성을 가져야 하는 동시에 저렴하고 환경 친화적이어야 합니다.

신소재 개발의 장점은 전극 성능을 크게 향상시키고 반도체 제조, 핵융합 장비 및 초고강도 재료 용접과 같은 응용 분야를 넓힐 수 있는 잠재력이 크다는 것입니다. 단점은 R&D 주기가 길고 비용이 높으며 신소재의 홍보는 엄격한 산업 인증 및 시장 검증을 거쳐야 한다는 것입니다. 앞으로 새로운 전극 재료의 개발은 용접 기술의 혁신을 촉진할 것이며 산학연 협력과 함께 기술 구현을 가속화할 필요가 있습니다.



저작권 및 법적 책임 선언문

제 9 장 : 순수 텅스텐 전극의 시장 및 개발 동향

텅스텐 아르곤 아크 용접 (TIG 용접)의 중요한 소모품으로서 순수 텅스텐 전극 (WP 전극)은 글로벌 용접 산업에서 중요한 위치를 차지합니다. 시장 개발은 원자재 공급, 생산 기술, 환경 보호 요구 사항 및 국제 경쟁과 같은 여러 요인의 영향을 받습니다. 이 장에서는 세계 시장 개요, 중국 시장의 현재 상황, 기술 개발 동향 및 순수 텅스텐 전극이 직면 한 과제를 분석하고 업계 실무자 및 연구원에게 포괄적 인 참고 자료를 제공합니다.

9.1 글로벌 텅스텐 전극 시장 개요

순수 텅스텐 전극의 세계 시장은 항공 우주, 자동차 제조, 조선 및 건설에 널리 사용되는 용접 산업의 발전과 밀접한 관련이 있습니다. 다음은 주요 생산 국가와 시장 규모 및 수요 측면에서 세계 시장의 현재 상태에 대한 검토입니다.

9.1.1 주요 생산국

순수 텅스텐 전극의 글로벌 생산은 주로 중국, 미국, 독일, 일본 및 러시아를 포함하여 풍부한 텅스텐 자원과 기술적으로 진보 된 산업 강국을 가진 국가에 집중되어 있습니다.

중국: 세계 최대의 텅스텐 자원(전 세계 매장량의 약 50% 차지)인 중국은 순수 텅스텐 전극 생산을 지배하고 있습니다. 후난성, 장시성, 허난성에는 텅스텐 광석 자원이 풍부하여 텅스텐 광석 채굴에서 전극 생산에 이르기까지 완전한 산업 체인을 형성하고 있습니다.

미국: 미국은 첨단 생산 기술과 엄격한 품질 기준을 갖춘 순수 텅스텐 전극의 중요한 생산국입니다. 이 회사는 항공 우주 및 원자력 산업에서 널리 사용되는 고성능 텅스텐 전극에 중점을 둡니다. 미국 시장은 순수 텅스텐 및 세륨 텅스텐 전극과 같은 비 방사성 전극의 홍보에 중점을 둔 고급 응용 분야가 지배하고 있습니다.

독일: 독일은 자동차, 항공 우주 및 기계 공학 산업을 위한 고품질 순수 텅스텐 전극을 생산하는 정밀 제조로 유명합니다. 이 회사는 첨단 분말 야금 및 표면 처리 기술을 사용하여 DIN EN ISO 6848 에 따라 유럽과 세계에 수출합니다.

일본 : 일본의 텅스텐 전극 생산은 주로 전자, 자동차 및 정밀 기계 산업의 요구를 충족시키기 위해 고정밀이며 소형화되어 있습니다. 이 회사는 전극의 표면 품질과 용접 성능에 주의를 기울이고 제품은 JIS Z 3233 표준을 충족합니다. 일본 시장에서는 소구경 전극(0.5-2.0mm)에 대한 수요가 높습니다.

러시아 : 러시아는 텅스텐 광석 자원이 풍부하고 생산 비용이 저렴하며 순수한 텅스텐 전극은 주로 국내 및 동유럽 시장에 공급됩니다. 기업은 저비용 전극 생산에 장점이 있지만 기술 수준과 브랜드 영향력은 상대적으로 약합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

이들 국가는 글로벌 순수 텅스텐 전극 시장에서 경쟁 패션을 형성했으며, 중국은 생산량과 비용 측면에서 선두를 달리고, 미국, 독일, 일본은 기술과 서비스로 고급 시장을 점유하고, 러시아는 저가형 시장을 자원 이점으로 보완합니다.

9.1.2 시장 규모 및 수요

글로벌 텅스텐 전극 시장 규모는 제조, 인프라 건설 및 새로운 에너지 산업에 의해 주도되는 용접 산업의 성장과 보조를 맞추어 왔습니다. 업계 데이터에 따르면 글로벌 텅스텐 전극 시장 규모는 2024 년에 약 15 억 달러가 될 것이며, 그 중 순수한 텅스텐 전극은 약 30 % -35 % 또는 4.5-5 억 2,500 만 달러를 차지할 것입니다. 시장 규모는 3%-5%의 연평균 성장률(CAGR)로 성장하여 2030 년까지 6-7 억 달러에 이를 것으로 예상됩니다.

항공 우주 수요 : 항공 우주 부문에서 알루미늄 및 마그네슘 합금의 정밀 용접에 대한 수요가 증가함에 따라 AC 용접에서 순수 텅스텐 전극의 적용이 주도되고 있습니다. 예를 들어, Boeing 과 Airbus 의 항공기 제조에는 높은 신뢰성의 용접이 필요하며 순수 텅스텐 전극이 주요 소모품입니다.

자동차 산업의 발전: 글로벌 자동차 산업은 경량화로 전환하고 있으며 알루미늄 합금 및 스테인리스강에 대한 용접 수요가 증가하고 있습니다. 순수 텅스텐 전극은 특히 신 에너지 차량 분야에서 자동차 부품 (예 : 차체 및 배터리 하우징)의 생산에 널리 사용됩니다.

인프라: 아시아, 아프리카 및 라틴 아메리카의 인프라 건설(예: 고속철도, 교량, 건물)은 알루미늄 구조 부품의 용접에 대한 수요를 주도했으며 순수한 텅스텐 전극은 비용 이점으로 인해 선호됩니다.

신 에너지 산업 : 태양 전지 및 풍력 발전 장비의 제조에는 박막 증착 및 금속 결합이 포함되며 스퍼터링 타겟 및 용접 재료로서의 순수 텅스텐 전극에 대한 수요는 꾸준히 증가하고 있습니다.

지리적 분포 측면에서 아시아 태평양 지역(주로 중국, 인도 및 동남아시아)은 세계 시장 점유율의 약 50%를 차지하며 제조업의 급속한 발전과 저비용 생산의 이점을 누리고 있습니다. 북미와 유럽은 각각 20%-25%를 차지하며 고급 응용 프로그램이 지배적입니다. 중동 및 아프리카는 시장 점유율(약 5%)이 더 작지만 산업화가 가속화됨에 따라 수요 잠재력이 분명해지고 있습니다.

9.2 중국 텅스텐 전극 시장 분석

중국은 세계 최대의 순수 텅스텐 전극 생산자이자 소비자이며 시장 개발은 국내 텅스텐 자원, 제조 업그레이드 및 환경 보호 정책의 장점에 영향을받습니다. 다음은 생산 능력과 시장 수요 및 응용 분야의 두 가지 측면에서 중국 시장을 분석합니다.

9.2.1 국내 생산 능력

중국의 순수 텅스텐 전극 생산 능력은 풍부한 텅스텐 광석 자원과 완벽한 산업

체인에 의존하여 세계 1 위를 차지합니다. 2024 년에 중국의 텅스텐 전극의 연간 생산 능력은 약 25,000 톤이 될 것이며, 그 중 순수한 텅스텐 전극은 약 40 % 또는 10,000 톤을 차지할 것입니다. 후난성의 Zhuzhou, Jiangxi Province 의 Ganzhou 및 Henan Province 의 Luoyang 은 텅스텐 광석 채굴, 텅스텐 분말 준비에서 전극 가공에 이르기까지 완전한 산업 체인을 형성하는 주요 생산 기지입니다.

중국 생산 능력의 장점은 저렴한 비용, 대규모 및 안정적인 공급망입니다. 최근 몇 년 동안 국내 기업은 첨단 장비(예: 독일의 진공 소결로, 일본의 자동 와이어 드로잉 머신)를 도입하여 생산 효율성과 제품 품질을 향상시켰습니다. 동시에 일부 기업은 R&D 투자를 늘리고 초미세 텅스텐 분말 및 나노 결정 전극을 개발했으며 유럽 및 미국 국가와의 기술 격차를 점차 좁혔습니다.

그러나 중국의 생산 능력도 환경적 압력과 과잉 생산에 직면해 있습니다. 텅스텐 채굴 및 정화는 환경 보호법 및 국가 유해 폐기물 목록의 요구 사항에 따라 높은 에너지 소비 및 폐수 배출을 포함합니다. 과잉 생산 능력은 저가형 시장에서 치열한 경쟁을 불러일으켰고, 가격 전쟁은 이윤을 압박하여 기업이 고급 시장으로 전환하도록 촉구했습니다.

9.2.2 CLP 시장 수요 및 수요 영역

중국의 순수 전기 시장 수요는 약 12,000 톤으로 국내 전력 시장의 약 60%를 차지합니다.

건설 및 인프라: 고속철도, 교량 및 커튼월의 건설은 알루미늄 합금 용접에 대한 수요 증가를 주도했으며 순수 전기는 비용 이점으로 인해 건설 분야에서 널리 사용됩니다. 예를 들어, Beijing-Xiong'an Intercity Railway 와 Shenzhen Bay Supertall Building 의 알루미늄 구조 부품 용접은 순수한 텅스텐 전극에 의존합니다.

자동차 제조 : 신 에너지 자동차의 배터리 셀, 차체 및 알루미늄 합금 부품은 고정밀로 용접되어야 하며 순수한 텅스텐 전극은 AC 용접에서 중요한 위치를 차지합니다. 2024 년 중국의 신에너지 차량 생산은 800 만 대를 넘어서면서 전극 수요 증가를 주도할 것입니다.

항공우주: COMAC(예: C919 항공기) 및 항공우주 프로그램(예: Long March 시리즈 로켓)은 알루미늄 합금 및 마그네슘 합금에 대한 엄격한 용접 요구 사항을 가지고 있으며 순수 텅스텐 전극은 비방사성 및 안정적인 성능을 위해 선호됩니다.

조선 해양 공학: 해안 지역의 조선 및 해양 플랫폼 건설에는 많은 수의 알루미늄 합금 용접이 포함되며 이러한 시나리오에서는 순수 텅스텐 전극이 안정적으로 수요가 있습니다.

전자 및 신 에너지 : 태양 전지 및 반도체의 제조에서 순수 텅스텐 전극을 스퍼터링 타겟 및 용접 재료로 적용하는 것이 점차 증가하고 있습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

중국 시장은 저비용 범용 용접에서 고성능 정밀 용접에 이르기까지 다양한 요구 사항이 있는 것이 특징입니다. 앞으로 제조업의 업그레이드와 "일대일로" 이니셔티브의 발전으로 중국의 순수 텅스텐 전극 시장은 특히 고급 응용 분야에서 3%-4%의 연평균 성장률로 계속 확장될 것으로 예상됩니다.

9.3 순수 전기전극 기술 발전 동향

순수 전기 전극의 개발은 성능 향상, 비용 절감 및 규제 요구 사항 충족을 목표로 고효율 발전, 환경 요구 사항, 신소재 연구 및 전력에 의해 주도됩니다. 기술 동향의 다음 세 가지 측면에 대해 설명합니다.

9.3.1 효율적인 전기생산을 위한 기술

효율적인 생산 기술은 사이클 시간 단축, 에너지 소비 감소 및 제품 품질 개선을 목표로 하며 주요 기술은 다음과 같습니다.

연속 생산: 연속 소결로 및 자동 와이어 드로잉 장비를 개발하여 압착에서 가공까지 연속 생산을 달성하고 생산 주기를 20%-30% 단축합니다. 예를 들어, 중주파 유도 연속 소결로는 빠르게 가열되어 녹색 물체의 균질성을 향상시킵니다.

스마트 제조: 산업용 사물 인터넷(IIoT) 및 센서로 생산 매개변수를 모니터링하여 장비 운영 효율성을 최적화합니다. 지능형 생산 설비 라인 장비는 녹색 물체의 밀도와 크기 편차를 실시간으로 감지하여 스크랩 비율을 줄일 수 있습니다.

급속 소결 기술: 방전 플라즈마 소결(SPS)은 전기 펄스를 사용하여 소결 시간을 몇 분으로 단축하고 입자(<10 μ m)를 정제하며 전극의 강도와 내구성을 향상시킵니다. SPS는 고급 전극 생산에 시범 운영되었습니다.

이러한 기술의 적용은 생산 효율성 향상을 촉진하고 단가를 줄이며 시장 경쟁력을 향상시킬 것입니다. 그러나 높은 장비 투자 및 유지 보수 비용으로 인해 중소기업에서의 홍보가 제한될 수 있습니다.

9.3.2 친환경 생산 공정

친환경 공정은 규제 압력과 친환경 제조 요구에 대응하는 데 중점을 두고 있으며 핵심 기술에는 다음이 포함됩니다.

저에너지 정제: 이온 교환 및 멤브레인 분리 기술은 기존의 습식 야금을 대체하고 폐수 및 배기 가스 배출을 줄이는 데 사용됩니다. 새로운 정화 장비는 텅스텐 함유 폐액을 90% 이상 회수하고 환경 오염을 줄일 수 있습니다.

폐기물 재활용: 텅스텐 폐기물 재활용 시스템을 구축하여 고온 로스팅 및 전해 환원을 통해 텅스텐 분말을 회수하여 자원 폐기물을 줄입니다. 중국의 일부 회사는 재활용률이 80%인 프로세스를 개발했습니다.

무독성 공정 대체: EU REACH 규정 및 중국의 RoHS 표준에 따라 기존 유기 용제 및 납 함유 페인트를 대체하기 위해 수성 세척제 및 무독성 녹색 페인트(예: 아크릴 기반 페인트)를 홍보합니다.

재생 에너지로 구동: 태양열 또는 풍력을 사용하여 소결 및 열 처리 장비에 전력을 공급함으로써 탄소 발자국을 줄입니다. 파일릿 프로젝트를 통해 재생 에너지는 생산 에너지 소비를 30%까지 줄일 수 있는 것으로 나타났습니다.

환경 친화적 인 프로세스의 추진은 비용과 규정 준수의 균형을 유지해야 하지만 환경 보호 규정이 강화되고 소비자의 녹색 인식이 향상됨에 따라 시장 수용도가 점차 높아졌습니다.

9.3.3 새로운 텅스텐 전극의 연구 개발

새로운 텅스텐 전극의 연구 개발은 순수 텅스텐 전극의 성능 한계를 극복하고 고성능 용접의 요구를 충족시키는 것을 목표로 하며, 주요 방향은 다음과 같습니다.

나노 결정 텅스텐 전극 : 전극은 초 미세 입자 (<50 nm)에 의한 경도 및 아크 안정성을 향상시키기 위해 나노 텅스텐 분말을 사용하여 제조됩니다. 나노 전극의 아크 시작 성능 및 소비율은 기존 전극보다 우수하여 항공 우주 및 반도체 산업에 적합합니다.

미세 합금 전극 : 미량 산화 (예 : 지르코니아, 이트륨 산화물)를 순수한 텅스텐에 첨가하여 전자 발생 작업 (4.0-4.2 eV)을 줄이고 DC 용접 성능을 향상시킵니다. 미세 합금 전극은 순수한 텅스텐의 비용 이점과 비 방사성 특성을 유지합니다.

텅스텐 기반 복합 전극 : 높은 용점과 우수한 전기 전도성 (>40 % IACS)과 결합 된 텅스텐과 그래 핀 또는 탄소 나노 튜브의 복합 재료 개발로 경화 및 내구성을 크게 향상시킵니다. 복합 전극은 고온에서 계면 안정성 문제를 해결해야 합니다.

새로운 전극의 연구 개발은 시장 수요 및 생산 타당성과 결합되어야 하며, 예를 들어, 나노 전극의 생산 비용은 대규모 적용을 달성하기 위해 더욱 절감되어야 합니다. 앞으로 산학연 협력과 국제 기술 교류는 새로운 전극의 산업화 과정을 가속화할 것입니다.

9.4 순수 전기 전극에 대한 표면 전기의 과제

순수 전기 전극 시장은 빠르게 발전하고 있지만 변동하는 원자재 가격, 환경 규제 압력 및 기술 경쟁을 비롯한 여러 과제에 직면해 있습니다.

9.4.1 원자재 가격의 변동

회귀 금속인 텅스텐의 가격은 글로벌 수요와 공급, 지정학 및 광물 정책의 영향을 받습니다. 2024 년에 텅스텐 정광의 가격은 톤당 RMB 120,000 에서 RMB 150,000 사이에서 변동하여 순수 텅스텐 전극의 생산 비용에 영향을 미칠 것입니다. 가격

인상의 주요 원인은 다음과 같습니다.

자원 제약: 중국의 텅스텐 채굴 쿼터 관리는 공급 증가를 제한하고 있습니다.

수출 수요 : 유럽과 미국에서 비 방사성 전극에 대한 수요 증가로 텅스텐의 국제 가격이 상승했습니다.

지정학적 리스크: 러시아-우크라이나 분쟁과 같은 지정학적 사건으로 인해 러시아의 텅스텐 공급에 차질이 생길 수 있습니다.

가격 변동은 특히 중소기업의 경우 생산 비용의 불확실성을 증가시킵니다. 전략에는 공급업체와의 장기 계약, 텅스텐 스크랩 재활용 기술 개발 및 대체 재료 탐색이 포함되지만 단기적으로 원자재 가격 변동성은 주요 위험으로 남을 것입니다.

9.4.2 환경 규제 압력

텅스텐 전극 생산은 높은 에너지 소비와 오염 배출을 포함하며 중국의 환경 보호법 및 유럽 연합의 폐기물 프레임워크 지침과 같은 점점 더 엄격한 환경 규정의 적용을 받습니다. 도전 과제는 다음과 같습니다.

폐수 처리: 텅스텐 정제 및 세척으로 인한 텅스텐 함유 폐수는 0.01mg/L 미만의 중금속 함량으로 처리해야 하므로 처리 비용이 증가합니다.

배기 가스 제어 : 소결 및 연삭에 의해 생성된 먼지 및 텅스텐 산화물 가스는 고효율 여과 및 흡착으로 처리해야 하며 장비 투자가 높습니다.

에너지 소비 제약: 중국의 "이중 탄소" 목표(탄소 정점 및 탄소 중립)에 따라 기업은 단위 에너지 소비를 줄여야 하며, 기존의 에너지 집약적 프로세스는 단계적으로 폐지될 위험에 처해 있습니다.

환경 규제를 준수하는 데 드는 비용은 R&D 자금을 밀어내고 기술 혁신에 영향을 미칠 수 있습니다. 기업은 친환경 프로세스 및 재생 에너지 애플리케이션을 통해 규정 준수 비용을 절감하는 동시에 정부 보조금 및 친환경 금융 지원을 확보해야 합니다.

9.4.3 국제경쟁과 기술장벽

순수 전기 전극 시장은 경쟁이 치열하며 국제 경쟁과 기술 장벽이 주요 과제입니다.

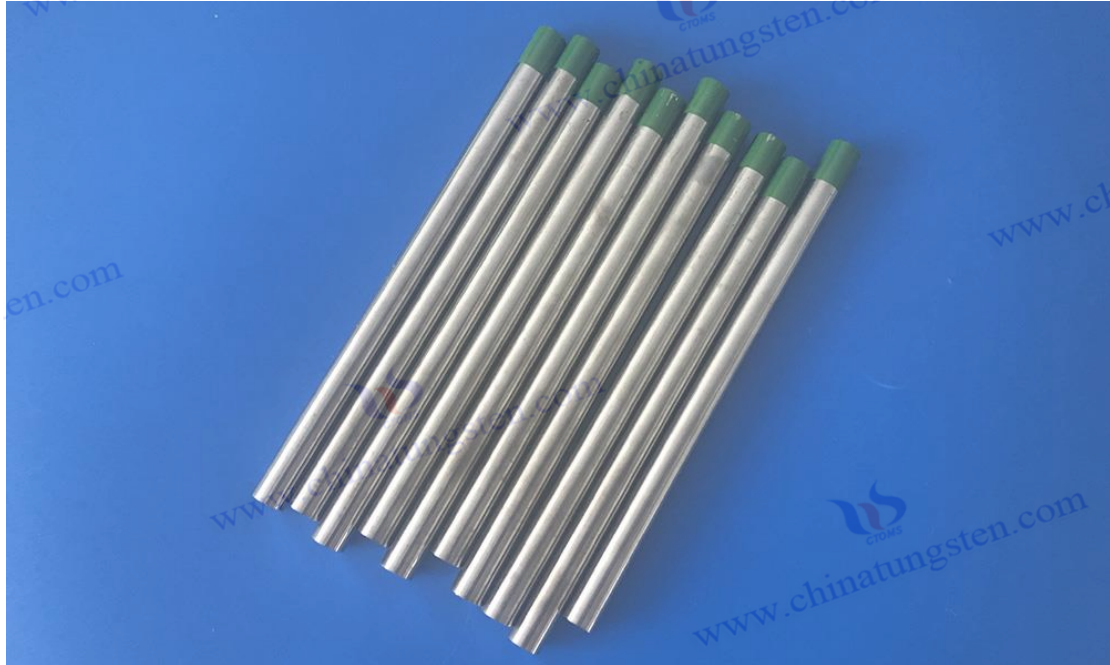
고급 시장 장벽: 미국, 독일 및 일본 기업은 첨단 기술(예: SPS 소결 및 나노 결정 가공)로 고급 시장을 점유하고 있으며 브랜드 효과 및 기술 특허는 중국 기업의 진입을 제한합니다.

저가 시장 경쟁: 중국, 베트남, 인도와 같은 국가의 저가 생산업체는 저가 시장에서 가격 전쟁을 벌이고 있으며 이윤은 계속 하락하고 있습니다.

기술 격차: 유럽과 미국 기업은 새로운 전극 재료(예: 복합 텅스텐 전극) 및 지능형 제조 분야에서 선두를 달리고 있는 반면, 중국 기업은 여전히 핵심 장비(예: 고정밀 와이어 드로잉 머신) 및 고급 공정에서 돌파구를 마련해야 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

국제 경쟁에 대처하기 위해서는 기술 연구 개발, 브랜드 구축 및 국제 협력을 강화해야 합니다. 예를 들어, 독일 기업과 연계하여 첨단 장비를 도입하거나 ISO 와 같은 국제 규격 개발에 참여함으로써 목소리를 높일 수 있습니다. 또한 차별화된 경쟁 전략(예: 맞춤형 전극, 친환경 인증)은 기업이 시장 장벽을 허무는 데 도움이 될 수 있습니다.



CTIA GROUP LTD 의 순수 텅스텐 전극

Chapter 10 결론

텅스텐 아르곤 아크 용접 (TIG 용접)의 핵심 소모품 인 순수 텅스텐 전극 (WP 전극)은 높은 용점, 비용 이점 및 비 방사성 특성으로 인해 용접 및 기타 산업 분야에서 중요한 역할을 했습니다. 이 책은 순수 텅스텐 전극의 제조 공정, 생산 장비, 테스트 방법, 국내 및 해외 표준, 시장 상태 및 장점 및 단점을 체계적으로 설명하고 기술적 특성과 응용 가치를 종합적으로 입증합니다. 이 장에서는 순수 텅스텐 전극에 대한 포괄적 인 평가를 수행하고, 미래의 개발 방향을 기대하며, 업계 실무자 및 연구원에게 참고 자료를 제공하기 위해 연구 및 응용에 대한 제안을 제시합니다.

10.1 순수 텅스텐 전극의 종합 평가

TIG 용접에 사용되는 최초의 비 용융 전극 유형으로, 순수 텅스텐 전극의 성능 및 응용 특성은 장기간의 실습에서 완전히 검증되었습니다. 다음은 기술적 성능, 응용 시나리오, 경제성 및 환경 보호의 네 가지 측면에 대한 포괄적인 평가입니다.

기술적 성능

순수 텅스텐 전극은 매우 높은 용점 (3422°C), 우수한 열전도율 (약 $173\text{ W/m}\cdot\text{K}$) 및 낮은 증기압을 갖는 고순도 텅스텐 ($\geq 99.5\%$)으로 구성되어있어 고온 아크 환경 ($6000-7000^{\circ}\text{C}$)에서 구조적 안정성과 형태학적 무결성을 유지할 수 있습니다. 이러한

저작권 및 법적 책임 선언문

특성으로 인해 AC 용접(AC), 특히 알루미늄, 마그네슘 및 그 합금과 같은 산화막이 있는 경금속을 용접할 때 특히 좋습니다. AC 용접에서 순수 텅스텐 전극은 포지티브 및 네거티브 반주기의 교대 작용을 통해 "음극 세척"효과를 달성하여 산화물 층 (예 : Al_2O_3 , 약 2050 °C 의 용점)을 효과적으로 제거하여 깨끗하고 고품질의 용접을 형성합니다.

그러나 순수 텅스텐 전극의 높은 전자 작업 (약 4.52 eV)은 직류 용접 (DC)에서 아크 시작 및 아크 불안정성을 유발하여 스테인레스 스틸, 탄소강 및 기타 재료의 용접 응용 분야에서 경쟁력을 제한합니다. 또한 전극 소비율은 특히 고전류(>200A) 또는 장시간 연속 용접 시 최종 재료가 휘발성인 경우 높기 때문에 길이가 짧아지고 성능이 저하됩니다. 도핑 된 전극 (예 : 세륨 텅스텐 및 란탄 텅스텐 전극, 약 2.7-3.2 eV 의 전자 작업)과 비교할 때 포괄적 인 용접 성능은 약간 열등하지만 특정 시나리오에서는 여전히 대체 할 수 없는 장점이 있습니다.

순수 텅스텐 전극의 고밀도 (19.3 g / cm³), 경도 (HV 350-450) 및 화학적 안정성으로 인해 비 용접 응용 분야의 저항 용접 전극, 플라즈마 절단 전극, 열전자 방출 재료, 스퍼터링 타겟 및 평형추에 이상적입니다. 예를 들어, 반도체 제조에서 순수한 텅스텐 전극은 고품질 텅스텐 필름을 형성하기 위해 스퍼터링 타겟으로 사용될 수 있습니다. 항공 우주 부문에서는 구조적 균형을 최적화하기 위해 고밀도 평형추가 사용됩니다. 전반적으로, 순수 텅스텐 전극의 기술적 성능은 고온, 고정밀 및 비 방사능을 요구하는 응용 분야에서 우수하지만, 공정 최적화를 통해 다양성을 더욱 향상시켜야 합니다.

경제적인

순수 텅스텐 전극의 중요한 장점 중 하나는 낮은 생산 비용입니다. 도핑 된 전극과 비교하여, 순수한 텅스텐 전극은 희토류 산화물 (예 : 세륨 산화물, 란탄 산화물)을 추가 할 필요가 없으므로 값 비싼 원료와 복잡한 도핑 공정을 피하고 생산 비용을 절감합니다. 글로벌 텅스텐 자원은 풍부하고(중국이 매장량의 약 50%를 차지함) 공급망이 안정적이며 텅스텐 정광의 가격 변동은 상대적으로 제어 가능합니다(2024 년 약 12-150,000 위안/톤). 또한, 순수 텅스텐 전극 (예 : 분말 야금, 압력 가공)의 생산 공정은 매우 성숙했으며 대규모 생산으로 단가가 더욱 절감되었습니다.

응용 분야에서 순수 텅스텐 전극의 저렴한 비용은 건설, 조선 및 일반 가공과 같은 비용에 민감한 산업에서 널리 매력적입니다. 예를 들어, 순수 텅스텐 전극은 품질과 비용의 균형을 맞추기 위해 알루미늄 커튼 월, 선박 구조 및 자동차 부품의 용접에 자주 사용됩니다. 그러나 높은 소비율과 잦은 연삭 요구 사항으로 인해 특히 고하중 용접에서 사용 비용이 증가하여 전극 교체가 더 빈번하게 필요하여 간접적으로 운영 비용이 증가합니다. 전반적으로, 순수한 텅스텐 전극은 비용에 민감한 응용 분야에서 명백한 장점이 있지만 고성능 시나리오에서는 성능과 경제성 사이에 절충점이 있습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD

Pure Tungsten electrode Introduction

1. Overview of Pure Tungsten Electrode

Pure tungsten electrodes are electrode materials made primarily from high-purity tungsten (content $\geq 99.95\%$) through powder metallurgy processes, including pressing, sintering, forging, and precision machining. They contain no rare earth or alloying elements, making them the most basic type of tungsten electrodes. They are widely used in welding and plasma applications that require high temperatures and high current density.

2. Main Applications of Pure Tungsten Electrode

TIG Welding (Tungsten Inert Gas Welding): Especially suitable for DC welding of reactive metals such as magnesium, aluminum, and titanium (using DCEN).

Plasma Cutting and Spraying: Used as electrode materials for high-temperature ion sources.

Electronic Devices: Serves as cathodes or supporting components in vacuum devices such as electron tubes and discharge tubes.

High-Temperature Furnace Electrodes: Used as heating electrodes in resistance furnaces operating in inert atmospheres or vacuum environments.

Scientific Research and Experimental Applications: Involved in high-temperature and high energy-density experiments.

3. Basic Data of Pure Tungsten Electrode

Item	Parameter
Chemical Composition (W)	$\geq 99.95\%$
Melting Point	3410°C
Density	19.3 g/cm^3
Electrical Conductivity (20°C)	$\sim 30\% \text{ IACS}$
Hardness (HV)	340 – 400 HV
Thermal Conductivity	$170 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Operating Current Range	DCEN, depends on diameter and base metal
Electrode Diameter Range	$\varnothing 0.5 \text{ mm} \sim \varnothing 6.4 \text{ mm}$ (customizable)
Electrode Length	Standard lengths: 150 mm and 175 mm (customizable)
Applicable Standard	ISO 6848 (Tungsten electrodes for welding)

4. Supply Form and Packaging of Pure Tungsten Electrode

Form: Polished rods, with customized ground tips

Standard Packaging: 10 pieces per plastic box, outer carton with shock-resistant protection

Customization: Dimensions, packaging, and tips can be customized

5. Procurement Information

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

Website: www.tungsten.com.cn

저작권 및 법적 책임 선언문

환경 친화성 및 안전성

순수 텅스텐 전극의 비 방사성 특성은 중요한 장점의 톨륨 텅스텐 전극 (방사성 톨륨 산화물, ThO₂ 포함)보다 방사성이 더 높다는 것입니다. 순수 텅스텐 전극의 선량률은 생산, 저장 및 폐기에 안전 위험을 초래하는 반면, 순수 텅스텐 전극의 선량률은 배경 방사선 수준 (약 0.1 μSv/h)에 가깝고, 이는 EUREACH 규정 및 중국의 RoHS 표준과 일치합니다. 이러한 특성은 식품 가공 장비, 의료 기기 및 항공 우주와 같은 안전이 중요한 분야에서 더욱 매력적입니다.

그러나 순수 텅스텐 전극의 생산 공정에서 환경 보호 문제는 무시할 수 없습니다. 텅스텐 광석 정제 및 소결은 텅스텐 함유 폐액 및 텅스텐 산화물 증기와 같은 높은 에너지 소비 및 폐수 배출을 수반하며 환경 보호법 및 기타 규정의 요구 사항을 준수하기 위해 엄격하게 처리해야 합니다. 최근 몇 년 동안 기업들은 이온 교환, 폐기물 재활용, 태양열 발전과 같은 재생 가능 에너지원과 같은 기술을 채택하여 환경에 미치는 영향을 줄였지만 규정 준수 비용은 중소기업에게 여전히 과제로 남아 있습니다. 전반적으로, 순수한 텅스텐 전극은 환경 보호 및 안전 측면에서 고유 한 장점을 가지고 있지만, 녹색 제조를 달성하기 위해 생산 공정을 더욱 최적화해야 합니다.

응용 프로그램 시나리오

순수 텅스텐 전극의 적용 시나리오는 주로 AC TIG 용접에 중점을 두고 있으며 특히 알루미늄, 마그네슘 및 그 합금의 용접에 적합하며 항공 우주, 자동차 제조, 조선 및 건설 산업에서 널리 사용됩니다. 예를 들어, 항공 우주 분야에서는 순수 텅스텐 전극이 C919 항공기의 알루미늄 합금 동체 및 마그네슘 합금 부품의 용접에 사용됩니다. 자동차 산업에서는 신에너지 차량용 배터리 하우징 용접에서 중요한 역할을 합니다. 또한, 텅스텐 전극은 플라스마 절단, 스퍼터링 타겟 및 평형추와 같은 비 용접 응용 분야에 널리 사용되어 다양성을 입증합니다.

그러나 DC 용접의 한계로 인해 스테인리스강, 니켈 합금 및 기타 재료의 용접 응용 분야가 제한되며 도핑된 전극은 이러한 시나리오에서 더 유리합니다. 또한, 고하중 또는 고주파 용접에서 순수 텅스텐 전극의 빠른 소비와 높은 유지 보수 요구 사항은 자동화 생산에서의 경쟁력을 제한합니다. 전반적으로 순수 텅스텐 전극은 AC 용접 및 특정 비 용접 영역에서 고유 한 장점이 있지만 범용 및 고성능 응용 분야에서는 추가 개선이 필요합니다.

10.2 순수 텅스텐 전극의 향후 개발 전망

글로벌 제조 산업의 변화 및 업그레이드, 새로운 에너지 산업의 부상 및 점점 더 엄격해지는 환경 보호 규정으로 인해 순수 텅스텐 전극의 미래 개발은 기술 혁신, 시장 수요 및 정책 지원에 의해 주도 될 것입니다. 다음은 기술 진보, 시장 확대 및 녹색 개발의 세 가지 측면에서 미래 동향에 대한 전망입니다.

기술 발전

기술 발전은 순수 텅스텐 전극의 성능과 경쟁력을 향상시키는 열쇠이며, 향후 개발은

다음 방향에 초점을 맞출 것입니다.

고순도 및 입자 최적화 : 이온 교환 및 용매 추출과 같은 고급 정제 기술을 통해 텅스텐 분말의 순도가 99.99 %로 증가하고 불순물 (예 : 산소 및 철)이 아크 안정성에 미치는 영향이 감소합니다. SPS(Discharge Plasma Sintering)와 같은 급속 소결 기술은 입자를 10 μ m 미만으로 미세화하고 전극의 경도와 내구성을 향상시키며 소비율을 줄일 수 있습니다. 나노 결정 텅스텐 전극의 연구 개발은 아크 시작 성능과 아크 안정성을 더욱 향상시키고 DC 용접에 응용을 확대 할 것입니다.

스마트 제조 및 자동화: 산업용 사물 인터넷(IIoT) 및 센서 기술은 생산 라인의 지능형 혁신을 주도할 것입니다. 예를 들어, 소결로 온도, 와이어 드로잉 기계 장력 및 전극 표면 품질을 실시간으로 모니터링하는 지능형 시스템은 스크랩 비율을 줄이고 생산성을 높입니다. 자동화 생산 라인(예: 연속 소결로, 로봇 연마 장비)의 대중화로 생산 주기가 20%-30% 단축되고 인건비가 절감됩니다.

신소재 개발: 미세합금 전극(예: 지르코니아 또는 이트륨 산화물 첨가) 및 텅스텐-매트릭스 복합재(예: 텅스텐-그래핀 복합 전극)는 R&D 에서 핫 스폿이 될 것입니다. 이러한 물질은 전자 발생 작업을 감소시키고(4.0-4.2eV 로) DC 용접 성능을 향상시키는 동시에 순수 텅스텐의 비용 이점과 비방사성 특성을 유지합니다. 새로운 전극의 산업화는 비용 관리 및 공정 안정성 문제를 해결해야 하며, 향후 5-10 년 동안 대규모 적용을 달성할 것으로 예상됩니다.

기술 발전은 순수 텅스텐 전극의 성능을 크게 향상시켜 고정밀 및 고하중 용접에서 경쟁력을 높이는 동시에 반도체 및 원자력 산업과 같은 신흥 분야에서의 적용을 촉진할 것입니다.

시장 확대

글로벌 순수 텅스텐 전극 시장은 3%-5%의 연평균 성장률(CAGR)로 성장할 것으로 예상되며 시장 규모는 2030 년까지 6-7 억 달러에 이를 것으로 예상됩니다. 시장 확장의 동인은 다음과 같습니다.

신흥 시장에서의 성장: 아시아 태평양 지역(중국, 인도, 동남아시아)의 제조 및 인프라 건설의 급속한 성장으로 인해 순수 텅스텐 전극에 대한 수요가 증가하고 있습니다. 예를 들어, 인도의 고속철도 프로젝트와 동남아시아의 항구 건설은 알루미늄 합금 용접에 대한 수요를 증가시킬 것이며 순수 텅스텐 전극의 비용 이점으로 인해 이러한 시장에서 지배적 인 결과를 얻을 수 있습니다.

새로운 에너지 및 하이테크 산업 : 태양 전지, 풍력 발전 장비 및 반도체 제조에서 고순도 텅스텐 재료에 대한 수요가 증가하고 있으며 순수한 텅스텐 전극이 스퍼터링 타겟 및 용접 재료로 사용됩니다. 예를 들어, 태양광 산업의 박막 증착 및 신에너지 차량용 배터리 제조는 전극에 대한 수요를 주도할 것입니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

고급 응용 분야의 돌파구 : 생산 공정의 최적화를 통해 순수 텅스텐 전극은 항공 우주 및 원자력 산업의 정밀 용접에서 더 많은 기회를 얻을 수 있습니다. 예를 들어, ITER(International Thermonuclear Experimental Reactor)과 같은 프로젝트에서 비방사성 고성능 전극에 대한 수요는 순수 텅스텐 전극의 기술 업그레이드 및 시장 확장을 촉진할 것입니다.

그러나 시장 확장은 도핑 전극에 대한 경쟁 및 국제 무역 장벽을 처리해야 합니다. 유럽과 미국 기업들은 기술적 우위를 점유하며 하이엔드 시장을 점유하고 있으며, 중국 기업은 브랜드 구축과 맞춤형 전극 등 차별화된 제품을 통해 경쟁력을 강화해야 합니다. 또한 일대일로 이니셔티브(BRI)는 중국 기업이 중동, 아프리카 및 라틴 아메리카 시장에 접근할 수 있도록 하며, 수출 확대를 위해 정책 배당금을 확보해야 합니다.

친환경 개발

환경 보호 및 지속 가능한 개발은 글로벌 "탄소 중립"목표와 환경 규제에 의해 주도되는 순수 텅스텐 전극 산업의 장기적인 추세입니다. 향후 방향은 다음과 같습니다.

친환경 생산 공정: 저에너지 정화 기술(예: 멤브레인 분리) 및 폐기물 재활용 시스템을 채택하여 폐수 및 배기 가스 배출을 줄입니다. 파일럿 프로젝트를 통해 폐기물 재활용률이 80%에 달하여 자원 낭비를 크게 줄일 수 있음을 보여주었습니다. 소결 및 열처리에 재생 에너지(예: 태양열, 풍력)를 사용하면 탄소 배출량을 30%까지 줄일 수 있습니다.

무독성 물질의 홍보: EU REACH 규정 및 중국 RoHS 표준에 따라 기존의 납 함유 페인트 및 유기 용제를 대체하기 위해 수성 녹색 페인트 및 무독성 세척제를 홍보합니다. 이러한 재료는 환경 오염 및 건강 위험을 줄이고 제품 시장 수용도를 높입니다.

순환 경제 모델: 텅스텐 전극의 재활용 시스템을 구축하고, 고온 로스팅 및 전해 환원을 통해 사용한 전극을 재활용하고, 1 차 텅스텐 광석에 대한 의존도를 줄입니다. 순환 경제 모델은 원자재 비용을 20%-30% 절감하는 동시에 기업의 친환경 이미지를 향상시킬 수 있습니다.

녹색 개발은 규제 요구 사항을 충족할 뿐만 아니라 기업의 사회적 책임과 시장 경쟁력을 향상시킵니다. 앞으로 녹색 인증 (e.g. ISO 14001)은 순수 텅스텐 전극이 국제 시장에 진출하기 위한 여권이 될 것입니다.

10.3 순수 텅스텐 전극의 연구 및 응용 제안

순수 텅스텐 전극의 포괄적 인 평가와 미래 개발 추세를 바탕으로, 다음과 같은 연구 및 응용 프로그램 제안은 기술 연구 개발, 생산 최적화, 응용 프로그램 촉진 및 정책 지원의 네 가지 측면에서 제시됩니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

기술 연구 및 개발

고성능 전극 개발: 나노결정 텅스텐 전극 및 미세합금 전극에 대한 R&D 투자를 늘리고 미량 산화물(예: 이트륨 산화물 및 지르코니아)을 추가하여 전자 작업을 줄여 DC 용접 성능을 향상시킵니다. 산학연 협력은 새로운 전극의 실험실 검증 및 산업화를 가속화할 수 있습니다.

공정 최적화 연구: 곡물 구조를 개선하고 생산 효율성을 향상시키기 위해 신속한 소결 기술과 지능형 생산 장비를 개발합니다. 예를 들어, SPS 소결 기술을 추진하여 소결 시간을 분 수준으로 단축하고 에너지 소비를 줄입니다. 센서와 인공 지능 기술의 적용으로 생산 매개변수를 실시간으로 최적화할 수 있습니다.

검출 기술 업그레이드: 온라인 검출 기술(예: 레이저 유도 파괴 분광법, LIBS)을 개발하여 화학 조성 및 미세 구조를 실시간으로 분석하고 품질 관리 효율성을 개선합니다. 테스트 결과에 대한 국제적 상호 인정을 촉진하기 위해 테스트 표준의 통합 데이터베이스를 구축합니다.

생산 최적화

자동화 및 인텔리전스: 자동화된 생산 라인과 지능형 모니터링 시스템을 추진하여 텅스텐 분말 압착에서 표면 처리에 이르는 전체 프로세스를 다룹니다. 예를 들어, 연속 와이어 드로잉 머신 및 로봇 연마 장비는 생산 효율성을 15%-20% 높일 수 있습니다. SCADA 시스템과 같은 데이터 분석 플랫폼은 프로세스 매개변수를 최적화하고 폐기율을 줄입니다.

친환경 제조 구현: 환경 규정을 준수하기 위해 생산 폐수 및 배기 가스를 처리하기 위해 환경 친화적인 장비(예: 고효율 필터, 습식 스크러버)에 투자합니다. 탄소 발자국을 줄이기 위해 재생 에너지를 장려하십시오. 자원 활용도를 높이기 위해 폐기물 재활용 시스템을 구축합니다.

공급망 관리: 원료 가격 안정을 위해 텅스텐 광석 공급업체와 장기 계약을 체결했습니다. 1 차 텅스텐 광석에 대한 의존도를 줄이기 위해 텅스텐 스크랩 재활용 기술을 개발합니다. 공급망의 디지털 관리를 강화하고 재고 및 물류를 실시간으로 모니터링하며 응답 속도를 향상시킵니다.

앱 프로모션

맞춤형 제품 : 항공 우주, 자동차 및 신 에너지 산업의 요구에 따라 전자 산업을 위한 작은 직경의 전극 (0.5-1.0 mm)과 조선용 대구경 전극 (4.0-6.4 mm)과 같은 맞춤형 순수 텅스텐 전극을 개발합니다. 맞춤형 제품을 통해 시장 경쟁력을 높일 수 있습니다.

국제 시장 확장: "일대일로" 이니셔티브를 활용하여 중동, 아프리카 및 라틴 아메리카 시장에 진출하여 저비용, 고성능 순수 텅스텐 전극을 홍보하십시오. 국제 전시회(예: 독일 에센 용접 전시회)에 참가하고 친환경 인증(예: ISO 14001)을 신청하여 브랜드 영향력을 강화합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

기술 교육 및 지원 : DC 용접에서 순수 텅스텐 전극의 성능을 향상시키기 위해 용접 매개 변수 최적화 및 전극 사용 교육을 사용자에게 제공합니다. 예를 들어, 고주파 아크 타격 및 구형과 AC 전류 설정은 아크 시작 성능과 아크 안정성을 개선하기 위해 권장됩니다.

정책 지원

환경 정책 지침: 정부는 기업이 녹색 생산 기술과 재생 에너지를 채택하도록 장려하기 위해 보조금 정책을 도입할 수 있습니다. 보다 엄격한 텅스텐 채굴 및 배출 기준을 수립하여 친환경 제조로의 산업 전환을 촉진합니다.

기술 R&D 자금 지원: 나노 결정 전극 및 복합 전극과 같은 새로운 텅스텐 전극의 R&D 및 산업화를 지원하기 위해 특별 기금을 설립합니다. 산학연 공동 연구를 장려하여 기술 혁신을 가속화합니다.

국제 협력 및 표준 제정: ISO 및 AWS 표준 개정에 참여하여 텅스텐 전극 표준 제정에 대한 중국의 목소리를 높입니다. 테스트 결과에 대한 국제 상호 인정을 촉진하고 무역 장벽을 낮추며 수출 성장을 촉진합니다.



CTIA GROUP LTD 의 순수 텅스텐 전극

저작권 및 법적 책임 선언문

부록

A. 용어집

WP 전극 : $\geq$ 함량이 99.5 % 텅스텐인 텅스텐 전극으로 일반적으로 AC 용접에 사용되며 녹색 코드가 있습니다.

TIG 용접 : 불활성 가스의 보호 하에서 텅스텐 전극을 용접하는 공정.

일 함수(Work function): 전자가 물질 표면에서 빠져나가는 데 필요한 최소 에너지량입니다.

아크 안정성(Arc Stability): 용접 과정에서 아크가 연속적이고 균일하게 유지되는 능력입니다.

분말 야금: 금속 분말을 압착 및 소결하여 재료를 준비하는 기술.

희토류 산화물 : 산화 세륨, 란탄 산화물 등과 같은 텅스텐 전극의 성능을 향상시키는 데 사용되는 첨가제.

소결: 분말 입자를 용점보다 낮은 온도로 가열하여 밀도가 높은 물질로 결합하는 공정입니다.

아크 시작 성능: 용접 시작 시 전극이 얼마나 쉽게 아크를 시작할 수 있는지.

침투 깊이: 용접 중 공작물 재료에 대한 아크의 용융 깊이.

열이온 방출(Thermionic Emission): 물질이 고온에서 전자를 방출하는 현상.

곡물 성장: 고온에서 입자 크기가 증가하는 현상으로 재료 특성이 감소할 수 있습니다.

AWS A5.12 : 미국 용접 협회 (American Welding Society)에서 개발 한 텅스텐 전극 표준.

ISO 6848 : 국제 표준화기구 (International Organization for Standardization)에서 개발 한 텅스텐 전극 표준.

그린 팁 : 순수 텅스텐 전극의 국제 색상 표시.

DC 용접: DC 전원을 사용하는 용접 공정입니다.

AC 용접: AC 전원을 사용하는 용접 공정.

전극 소비율(Electrode Consumption Rate): 용접 공정 중에 전극이 손실되는 속도입니다.

열팽창 계수(Thermal Expansion Coefficient): 온도에 따른 재료의 치수 변화율.

전기 전도성(Electrical Conductivity): 전류를 전도하는 물질의 능력.

크리프 저항(Creep Resistance): 고온에서 느린 변형에 저항하는 재료의 능력.

B. 참조

- [1] 순수 텅스텐 전극의 성능 및 적용에 대한 검토. 중국 텅스텐 산업, 2025-01-20.
- [2] 텅스텐 전극 시장 개발 동향 분석. Chinatungsten 온라인 기술 Co., Ltd., 2024.
- [3] 고성능 텅스텐 전극의 연구 개발 진행 상황. 금속 재료 및 공학, 2024-11-15.
- [4] 텅스텐 산업의 녹색 제조 기술. 국제 텅스텐 협회, 2024.
- [5] TIG 용접 재료 및 공정에 관한 연구. 용접 기술, 2025-02-10.
- [6] 글로벌 텅스텐 전극 시장 분석 보고서. 중국 텅스텐 산업, 2024-11-30.
- [7] 고효율 텅스텐 전극 생산 기술의 발전. 금속 재료 및 공학, 2024-10-10.
- [8] 텅스텐 리소스 시장 및 가격 동향. 중국 광업 뉴스, 2024-09-20.
- [9] 순수 텅스텐 전극의 장점과 단점. 중국 텅스텐 산업, 2024-12-25.

저작권 및 법적 책임 선언문

- [10] 텅스텐 전극 재료의 개선에 관한 연구 진행 상황. 금속 재료 및 공학, 2024-11-10.
- [11] 용접에 텅스텐 매트릭스 복합재의 적용. 재료과학공학, 2023-12-20.
- [12] 고순도 텅스텐 재료의 분석 방법. 금속 재료 및 공학, 2024-10-15.
- [13] ISO 6848:2015. 아크 용접 및 절단 — 비소모성 텅스텐 전극 — 분류. 국제표준화기구(International Organization for Standardization), 2015.
- [14] AWS A5.12/A5.12M:2009 년. 텅스텐 및 산화물 분산 텅스텐 전극에 대한 사양은 아크 용접 및 절단을 위해 분산되었습니다. 미국 용접 학회, 2009.
- [15] ISO 6848:2015. 아크 용접 및 절단 — 비소모성 텅스텐 전극 — 분류. 국제표준화기구(International Organization for Standardization), 2015.
- [16] EN 26848:1991 년. 용접 소모품 — 불활성 가스 차폐 아크 용접 및 플라즈마 용접을 위한 텅스텐 전극. 유럽 표준화 위원회, 1991.
- [17] GB/T 4190-2017 년. 텅스텐 및 텅스텐 합금 전극 비 용융 전극 아르곤 아크 용접. 중화인민공화국 표준화국, 2017.
- [18] JIS Z 3233:2017. 불활성 가스 차폐 아크 용접을 위한 텅스텐 전극. 일본산업표준위원회, 2017.