

이트륨 텅스텐 전극 백과사전

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 설립한 독립적인 법인격을 가진 전액 출자 자회사인 CTIA GROUP LTD, 산업용 인터넷 시대에 텅스텐 및 몰리브덴 재료의 지능적이고 통합적이며 유연한 설계 및 제조를 촉진하는 데 전념하고 있습니다. CHINATUNGSTEN ONLINE은 www.chinatungsten.com 를 출발점으로 1997년에 설립된 중국 최초의 최고 수준의 텅스텐 제품 웹사이트로 텅스텐, 몰리브덴 및 희토류 산업에 중점을 둔 중국의 선구적인 전자 상거래 회사입니다. 텅스텐 및 몰리브덴 분야에서 거의 30 년의 깊은 경험을 활용한 CTIA GROUP 은 모회사의 탁월한 설계 및 제조 능력, 우수한 서비스 및 글로벌 비즈니스 평판을 계승하여 텅스텐 화학, 텅스텐 금속, 초경합금, 고밀도 합금, 몰리브덴 및 몰리브덴 합금 분야의 포괄적인 응용 솔루션 제공업체가 되었습니다.

지난 30 년 동안 CHINATUNGSTEN ONLINE 은 텅스텐, 몰리브덴 및 희토류와 관련된 100 만 페이지 이상의 뉴스, 가격 및 시장 분석을 통해 20 개 이상의 언어를 다루는 200 개 이상의 다국어 텅스텐 및 몰리브덴 전문 웹사이트를 구축했습니다. 2013 년부터 WeChat 공식 계정 "CHINATUNGSTEN ONLINE"은 40,000 개 이상의 정보를 게시하여 거의 100,000 명의 팔로워에게 서비스를 제공하고 전 세계 수십만 명의 업계 전문가에게 매일 무료 정보를 제공했습니다. 웹사이트 클러스터 및 공식 계정에 대한 누적 방문이 수십억 회에 달하면서 텅스텐, 몰리브덴 및 희토류 산업에서 인정받는 글로벌 및 권위 있는 정보 허브가 되었으며 24/7 다국어 뉴스, 제품 성능, 시장 가격 및 시장 동향 서비스를 제공합니다.

CHINATUNGSTEN ONLINE 의 기술과 경험을 바탕으로 CTIA GROUP 은 고객의 개인화된 요구를 충족시키는 데 중점을 둡니다. AI 기술을 활용하여 특정 화학 성분 및 물리적 특성(예: 입자 크기, 밀도, 경도, 강도, 치수 및 공차)을 가진 텅스텐 및 몰리브덴 제품을 고객과 공동으로 설계 및 생산합니다. 금형 개방, 시험 생산, 마무리, 포장 및 물류에 이르는 전체 프로세스 통합 서비스를 제공합니다. 지난 30 년 동안 CHINATUNGSTEN ONLINE 은 전 세계 130,000 명 이상의 고객에게 500,000 개 이상의 텅스텐 및 몰리브덴 제품에 대한 R&D, 설계 및 생산 서비스를 제공하여 맞춤형, 유연 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 공개하여 텅스텐 산업과 자유롭게 공유했습니다. 1990 년대부터 텅스텐 및 몰리브덴 제품의 전자 상거래 및 국제 무역, 초경합금 및 고밀도 합금의 설계 및 제조 분야에서 30 년 이상의 경험을 가진 한 박사는 국내외에서 텅스텐 및 몰리브덴 제품의 유명한 전문가입니다. CTIA GROUP 의 팀은 업계에 전문적이고 고품질의 정보를 제공한다는 원칙을 고수하여 생산 관행과 시장 고객 요구를 기반으로 지속적으로 기술 연구 논문, 기사 및 업계 보고서를 작성하여 업계에서 광범위한 찬사를 받고 있습니다. 이러한 성과는 CTIA GROUP 의 기술 혁신, 제품 홍보 및 산업 교류를 견고하게 지원하여 글로벌 텅스텐 및 몰리브덴 제품 제조 및 정보 서비스 분야의 선두주자로 자리매김할 수 있도록 합니다.



저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com
Phone: +86 592 5129595; 592 5129696
Website: www.tungsten.com.cn

디렉토리

1 장 이트륨 텅스텐 전극 소개

- 1.1 이트륨 텅스텐 전극의 정의 및 배경
 - 1.1.1 이트륨 텅스텐 전극의 화학 성분 및 기본 원리
 - 1.1.2 이트륨 텅스텐 전극의 R&D 역사 및 기술 발전
 - 1.1.3 고성능 용접에서 이트륨 텅스텐 전극의 부상
- 1.2 이트륨 텅스텐 전극의 시장 포지셔닝
 - 1.2.1 다른 희토류 텅스텐 전극과의 비교 분석
 - 1.2.2 이트륨 텅스텐 전극의 글로벌 시장 현황 및 전망
 - 1.2.3 이트륨 텅스텐 전극의 고유한 장점

2 장 이트륨 텅스텐 전극의 분류

- 2.1 산화이트륨 함량에 따른 분류
 - 2.1.1 2% 이트륨 산화물 전극의 성능 및 사용(WY20)
 - 2.1.2 맞춤형 이트륨 산화물 함량 전극 개발
- 2.2 용접 공정에 따른 분류
 - 2.2.1 TIG 용접용 이트륨 텅스텐 전극
 - 2.2.2 플라즈마 아크 용접 및 절단용 전극
 - 2.2.3 특수 공정용 전극(진공 용접, 마이크로 용접)
- 2.3 형태 및 사양에 따른 분류
 - 2.3.1 표준 막대 전극(직경 및 길이 사양)
 - 2.3.2 마이크로 니들 전극(초정밀 용접용)
 - 2.3.3 비표준 맞춤형 전극(특수 형상 설계 및 적용)
- 2.4 응용 환경에 따른 분류
 - 2.4.1 고온 환경에서의 용접 전극
 - 2.4.2 진공 및 불활성 가스 환경 전극
 - 2.4.3 부식성 환경을 위한 특수 전극
- 2.5 표준 및 식별 사양
 - 2.5.1 국제 표준의 분류 및 색상 척도(ISO 6848, AWS A5.12)
 - 2.5.2 국내 표준의 분류 및 식별(GB/T 4192)
 - 2.5.3 이트륨 텅스텐 전극의 포장 및 라벨링 요구 사항

3 장 이트륨 텅스텐 전극의 성능 특성

- 3.1 이트륨 텅스텐 전극의 물리적 특성
 - 3.1.1 이트륨 텅스텐 전극의 높은 용점 및 고온 안정성
 - 3.1.2 이트륨 텅스텐 전극의 밀도, 경도 및 변형 저항
 - 3.1.3 이트륨 텅스텐 전극의 열전도율 및 열팽창 특성
- 3.2 이트륨 텅스텐 전극의 화학적 성질
 - 3.2.1 고온에서 이트륨 산화물의 화학적 안정성
 - 3.2.2 이트륨 텅스텐 전극의 산화 및 내식성
 - 3.2.3 특수 환경에서 이트륨 텅스텐 전극의 화학적 거동
- 3.3 이트륨 텅스텐 전극의 전기적 특성

저작권 및 법적 책임 선언문

- 3.3.1 이트륨 텅스텐 전극의 전자 탈출 작업 및 아크 성능
- 3.3.2 고전류 밀도에서 이트륨 텅스텐 전극의 아크 안정성
- 3.3.3 이트륨 텅스텐 전극의 전도도 및 열이온 방출 용량
- 3.4 이트륨 텅스텐 전극의 기계적 성질
- 3.4.1 이트륨 텅스텐 전극의 고온 크리프 저항
- 3.4.2 이트륨 텅스텐 전극 전극 팁의 내마모성
- 3.4.3 이트륨 텅스텐 전극의 낮은 연소 손실 특성 및 수명 분석
- 3.5 이트륨 텅스텐 전극의 안전 및 환경 보호 특성
- 3.5.1 이트륨 텅스텐 전극의 비방사능 및 낮은 독성의 장점
- 3.5.2 이트륨 텅스텐 전극의 환경 영향 및 지속 가능성 평가
- 3.5.3 이트륨 텅스텐 전극의 산업 보건 및 안전 사양
- 3.6 중국 텅스텐 지능형 제조 이트륨 텅스텐 전극 MSDS

4장 이트륨 텅스텐 전극의 제조 공정 및 기술

- 4.1 이트륨 텅스텐 전극 원료 준비
- 4.1.1 고순도 텅스텐 분말의 스크리닝 및 제조
- 4.1.2 이트륨 산화물의 정제 및 품질 관리
- 4.1.3 보조 첨가제의 선택 및 최적화
- 4.2 이트륨 텅스텐 전극의 분말 야금 공정
- 4.2.1 이트륨 텅스텐 분말의 혼합 및 도핑 기술
- 4.2.2 고압 성형 및 등방성 프레스 공정
- 4.2.3 고온 소결 및 대기 제어(수소, 진공 소결)
- 4.3 이트륨 텅스텐 전극의 가공 및 마무리
- 4.3.1 핫 캘린더링 및 정밀 드로잉
- 4.3.2 표면 연마 및 팁 성형
- 4.3.3 전극 절단 및 맞춤형 가공
- 4.4 이트륨 텅스텐 전극의 품질 관리 기술
- 4.4.1 이트륨 산화물 분포 균일성 제어
- 4.4.2 미세구조분석(SEM, EDS, XRD)
- 4.4.3 공정 매개변수 최적화 및 결함 방지
- 4.5 이트륨 텅스텐 전극의 첨단 제조 기술
- 4.5.1 나노스케일 이트륨 산화물 도핑 기술
- 4.5.2 방전 플라즈마 소결(SPS) 공정
- 4.5.3 지능형 제조 및 실시간 모니터링 기술

5장 이트륨 텅스텐 전극의 응용 분야

- 5.1 이트륨 텅스텐 전극의 용접 응용
- 5.1.1 초합금에 TIG 용접(아르곤 아크 용접)의 적용
- 5.1.2 플라즈마 아크 용접의 고정밀 응용
- 5.1.3 진공 환경에서 니켈 기반 합금을 사용한 티타늄 합금 용접
- 5.2 이트륨 텅스텐 전극의 비용접 응용
- 5.2.1 플라즈마 절단 및 분무
- 5.2.2 방전 가공(EDM)의 전극 응용

저작권 및 법적 책임 선언문

- 5.2.3 고온 방전 장치에 적용
- 5.3 업계에서 이트륨 텅스텐 전극의 적용
 - 5.3.1 항공우주(엔진 부품, 터빈 블레이드)
 - 5.3.2 방위 및 군사 산업(장갑재, 미사일 부품)
 - 5.3.3 에너지 산업 (원자력 장비, 가스 터빈)
 - 5.3.4 반도체 및 마이크로일렉트로닉스 제조
- 5.4 이트륨 텅스텐 전극의 일반적인 사례 분석
 - 5.4.1 티타늄 합금 항공 구조 부품 용접
 - 5.4.2 초합금 수리 및 표면 강화
 - 5.4.3 진공 환경에서 정밀 부품 용접

6 장 이트륨 텅스텐 전극의 생산 설비

- 6.1 이트륨 텅스텐 전극의 원료 준비 장비
 - 6.1.1 텅스텐 분말 분쇄 및 입자 크기 분류 장비
 - 6.1.2 이트륨 산화물 정제 및 나노보존 장비
- 6.2 이트륨 텅스텐 전극용 분말 야금 장비
 - 6.2.1 고정밀 혼합 및 도핑 시스템
 - 6.2.2 냉간 등방성 프레스 및 열간 프레스 장비
 - 6.2.3 고온 진공 소결로 및 분위기로
- 6.3 이트륨 텅스텐 전극의 가공 및 성형 장비
 - 6.3.1 정밀 캘린더링 및 드로잉 기계
 - 6.3.2 CNC 연삭 및 연마 장비
 - 6.3.3 레이저 절단 및 전극 성형 장비
- 6.4 이트륨 텅스텐 전극의 검사 및 품질 모니터링 장비
 - 6.4.1 화학성분분석장비(ICP-MS, XRF)
 - 6.4.2 미세구조 및 형태 분석 장비(SEM, TEM)
 - 6.4.3 성능 테스트 장비(아크 안정성, 소진율 시험기)
- 6.5 이트륨 텅스텐 전극을 위한 지능형 생산 설비
 - 6.5.1 자동화된 생산 라인 및 산업용 로봇
 - 6.5.2 온라인 품질 모니터링 및 데이터 분석 시스템

7 장 이트륨 텅스텐 전극에 대한 국내외 표준

- 7.1 이트륨 텅스텐 전극에 대한 국제 표준
 - 7.1.1 ISO 6848: 텅스텐 전극에 대한 분류 및 기술 요구 사항
 - 7.1.2 AWS A5.12: 텅스텐 전극 사양 및 성능
 - 7.1.3 EN 26848: 텅스텐 전극에 대한 유럽 표준
- 7.2 이트륨 텅스텐 전극에 대한 국내 표준
 - 7.2.1 GB/T 4192: 텅스텐 전극의 기술 조건
 - 7.2.2 JB/T 12706: 용접용 텅스텐 전극 표준
 - 7.2.3 산업별 표준 및 사양
- 7.3 이트륨 텅스텐 전극의 표준 비교 및 적용
 - 7.3.1 국내외 표준의 차이점 및 적용 가능성
 - 7.3.2 생산 공정에서 표준의 지도 역할

저작권 및 법적 책임 선언문

- 7.3.3 응용 시나리오에 대한 표준의 규범적 역할
- 7.4 이트륨 텅스텐 전극의 표준 개발 동향
- 7.4.1 새로운 재료 및 공정이 표준에 미치는 영향
- 7.4.2 환경 보호 및 안전 표준 업데이트

8장 이트륨 텅스텐 전극의 검출 기술

- 8.1 이트륨 텅스텐 전극의 화학 성분 검출
 - 8.1.1 이트륨 산화물 함량의 정확한 측정
 - 8.1.2 불순물 원소 및 미량 분석
 - 8.1.3 성분 분포의 균일성 감지
- 8.2 이트륨 텅스텐 전극의 물리적 특성
 - 8.2.1 밀도, 경도 및 기계적 성질 시험
 - 8.2.2 표면 품질 및 치수 정확도 테스트
 - 8.2.3 고온 물성 시험
- 8.3 이트륨 텅스텐 전극의 전기적 특성 감지
 - 8.3.1 전자 탈출 작업 및 열이온 방출 테스트
 - 8.3.2 아크 개시 성능 및 아크 안정성 테스트
 - 8.3.3 고전류 조건에서의 소진율 테스트
- 8.4 이트륨 텅스텐 전극의 미세 구조 검출
 - 8.4.1 입자 구조 및 크기 분석
 - 8.4.2 이트륨 산화물 입자의 분포 및 상 분석
 - 8.4.3 내부 결함(균열, 다공성) 감지
- 8.5 이트륨 텅스텐 전극의 환경 및 안전 테스트
 - 8.5.1 비방사성 인증
 - 8.5.2 환경 영향 및 재활용성 평가
 - 8.5.3 산업 보건 및 안전 테스트
- 8.6 이트륨 텅스텐 전극의 테스트 기술 및 장비
 - 8.6.1 일반적인 테스트 장비 및 원리
 - 8.6.2 고급 탐지 기술(AI 지원, 현장 분석 등)

9 장 이트륨 텅스텐 전극 사용자를 위한 일반적인 문제 및 해결 방법

- 9.1 이트륨 텅스텐 전극의 아크 불안정성의 가능한 원인
 - 9.1.1 부적절한 전극 팁 형상
 - 9.1.2 전류 유형 및 매개변수 설정 문제
 - 9.1.3 차폐 가스의 품질 또는 유량 부족
 - 9.1.4 전극 표면의 오염 또는 산화
- 9.2 이트륨 텅스텐 전극 팁의 급속 연소 원인 및 대책
 - 9.2.1 과도한 전류 또는 잘못된 극성 선택
 - 9.2.2 팁 연삭 각도 및 표면 처리 최적화
 - 9.2.3 차폐 가스의 종류와 유량 조정
 - 9.2.4 산화이트륨 함량이 더 높은 전극으로 교체
- 9.3 적절한 산화이트륨 함량을 선택하는 방법
 - 9.3.1 용접재료에 따라 선택(티타늄 합금, 니켈계 합금 등)

저작권 및 법적 책임 선언문

- 9.3.2 전류 유형 및 강도 매칭
- 9.3.3 특수 환경(진공, 고온)에서의 선택
- 9.3.4 성능과 비용의 균형 분석
- 9.4 이트륨 텅스텐 전극의 아크 발생 어려움에 대한 대책
 - 9.4.1 전극의 표면 청결도 및 팁 상태 확인
 - 9.4.2 고주파 아크 시작 매개변수 최적화
 - 9.4.3 전극과 공작물 사이의 거리 조정
 - 9.4.4 전극 교체 또는 전원 공급 장치의 안정성 확인
- 9.5 다른 텅스텐 전극과 혼합된 이트륨 텅스텐
 - 9.5.1 믹싱이 아크 성능에 미치는 영향
 - 9.5.2 혼합으로 인한 전극 손실 문제
 - 9.5.3 전극 식별 및 관리를 위한 제안
 - 9.5.4 이트륨 텅스텐 전극의 치환 분석

10 장 이트륨 텅스텐 전극의 미래 개발 동향

- 10.1 이트륨 텅스텐 전극의 기술 혁신 방향
 - 10.1.1 새로운 희토류 복합 도핑 기술
 - 10.1.2 초고온 초정밀 전극 연구 개발
 - 10.1.3 녹색 제조 및 저탄소 생산 기술
- 10.2 이트륨 텅스텐 전극의 응용 분야 확장
 - 10.2.1 신에너지 장비 제조(배터리, 풍력)
 - 10.2.2 항공우주 및 방위 분야에서의 응용 심화
 - 10.2.3 마이크로일렉트로닉스 및 반도체 산업의 정밀 용접
- 10.3 이트륨 텅스텐 전극의 시장 및 정책 동향
 - 10.3.1 글로벌 이트륨 텅스텐 전극 시장 수요 예측
 - 10.3.2 희토류 자원 정책이 생산에 미치는 영향
 - 10.3.3 국제 무역 및 공급망 최적화

부록

- A. 용어집
- B. 참고문헌

1 장 이트륨 텅스텐 전극 소개

1.1 이트륨 텅스텐 전극의 정의 및 배경

1.1.1 이트륨 텅스텐 전극의 화학 성분 및 기본 원리

이트륨 텅스텐 전극은 고순도 텅스텐 매트릭스에 적당량의 이트륨 산화물(Y_2O_3)을 주로 도핑한 고성능 희토류 텅스텐 전극입니다. 일반적인 산업 등급은 WY20 이며 특징적인 로고는 파란색 코팅입니다. 이 전극은 텅스텐 금속과 산화 이트륨의 물리화학적 특성을 결합하여 텅스텐 아르곤 아크 용접(TIG 용접)에서 중요한 소모품입니다. 이트륨 텅스텐 전극의 화학 성분은 주로 고순도 텅스텐(W, 약 98% 99.5%)과 소량의 이트륨 산화물(Y_2O_3 , 보통 1.8%에서 2.2%)을 포함하며, 때로는 미량의 다른 불순물을 포함할 수 있지만 이러한 불순물은 성능 안정성을 보장하기 위해 엄격하게 제어됩니다.

전이 금속인 텅스텐은 녹는점($3422^{\circ}C$)이 매우 높고 전기 및 열 전도성이 우수하며 화학적 불활성을 가지고 있어 전극 재료에 이상적인 선택입니다. 그러나 순수 텅스텐 전극은 전자 방출 효율이 낮고 고온 용접에서 쉽게 파손되는 등의 문제가 있습니다. 산화 이트륨의 도핑은 이러한 결함을 크게 개선했습니다. 산화이트륨은 전자탈출 작용이 낮은 물질이며 전자 탈출 작용은 약 $2.5\sim 2.7eV$ 로 순수 텅스텐의 $4.5eV$ 보다 훨씬 낮습니다. 이를 통해 이트륨 텅스텐 전극은 더 낮은 전압에서 아크를 시작할 수 있어 우수한 아크 개시 성능을 나타낼 수 있습니다. 또한, 산화이트륨을 첨가하면 전극의 재결정 온도(보통 $2000^{\circ}C$ 이상)가 높아져 고온 변형에 대한 저항성이 향상되고 소손률이 감소합니다.

기본 원리에서 이트륨 텅스텐 전극은 TIG 용접에서 비소모성 전극으로 사용되며 주로 안정적인 아크를 생성하고 공작물 및 충전재를 가열 및 녹이는 데 사용됩니다. 작동 원리는 열이온 방출을 기반으로 합니다: 전극이 고주파 또는 DC 전원에 의해 여기되면 텅스텐 매트릭스의 산화 이트륨 입자가 전자 방출을 활성화하여 고온 아크(최대 $6000 \sim 7000^{\circ}C$ 의 온도)를 형성합니다. 아크의 안정성은 이트륨 텅스텐 전극의 아크 컬럼의 가늘고 높은 압축으로 인해 중간에서 높은 전류 조건에서 침투 깊이가 커서 특히 고정밀 용접에 적합합니다.

이트륨 텅스텐 전극의 물리화학적 특성에는 높은 탄성 계수(약 $410GPa$), 우수한 내식성 및 내산화성이 포함됩니다. 이러한 특성은 고온, 고습 또는 부식성 가스와 같은 까다로운 환경에서 전극의 장기적인 안정성을 보장합니다. 또한 이트륨 텅스텐 전극의 전도도(저항률은 약 $5.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$)와 열전도율(약 $174W/m \cdot K$)은 다른 희토류 텅스텐 전극보다 우수하여 고출력 용접에 우수합니다.

1.1.2 이트륨 텅스텐 전극의 R&D 역사 및 기술 발전

이트륨 텅스텐 전극의 개발은 20 세기 중후반 고성능 용접 재료에 대한 수요에서 비롯되었습니다. 텅스텐 전극은 TIG 용접을 위해 순수 텅스텐 형태로 처음 사용되었지만 특히 항공 우주 및 군사 산업에서 용접 품질에 대한 요구 사항이 증가함에 따라 그 한계가 점차 드러났습니다. 20 세기 60 년대에는 토륨 텅스텐 전극(도핑된 산화토륨, ThO_2)이 우수한 전자 방출 특성으로 인해 주류가 되었지만,

저작권 및 법적 책임 선언문

토륨의 방사능으로 인해 안전성과 환경 보호 문제가 제기되면서 연구자들은 대체 소재를 모색하게 되었습니다.

1970년대에는 희토류 산화물(예: 산화란탄, 산화세륨, 산화이트륨)이 텅스텐 전극의 도핑 연구에 도입되었습니다. 산화이트륨은 전자탈출 작용이 적고 화학적 안정성이 높아 주목을 받고 있습니다. 이트륨 텅스텐 전극의 초기 연구 개발은 주로 도핑 비율 및 생산 공정 최적화에 중점을 두었습니다. 1980년대에 미국과 유럽의 일부 연구 기관에서는 텅스텐 매트릭스에 산화이트륨을 실험하기 시작했으며 전극의 아크 성능과 내구성을 크게 향상시킬 수 있음을 발견했습니다. 1985년에는 최초의 상업용 이트륨 텅스텐 전극(WY20)이 시장에 출시되어 주로 항공 우주 분야의 정밀 용접에 사용되었습니다.

21세기에는 재료 과학 및 제조 기술의 발전으로 이트륨 텅스텐 전극의 생산 공정이 크게 최적화되었습니다. 전통적인 분말 야금 방법이 개선되었으며 스프레이 도핑 기술과 고온 소결 공정의 적용으로 텅스텐 매트릭스에서 산화 이트륨의 분포가 더욱 균일해졌습니다. 예를 들어, 현대 생산 공정에는 종종 다음 단계가 포함됩니다: 질산 이트륨 수용액을 원료의 파라텅스텐산 암모늄 또는 삼산화 텅스텐에 분사 하면 건조 후 텅스텐 이트륨 코팅 분말이 형성됩니다. 균일한 텅스텐 이트륨 분말은 두 가지 환원에 의해 얻어집니다. 그런 다음 압착하고 고온(약 2800°C)에서 소결하고 여러 패스로 단조하여 고밀도, 미세한 입자의 이트륨 텅스텐 전극 블랭크를 만듭니다. 이러한 공정 개선은 내부 전극 결함을 줄이고 기계적 특성과 아크 안정성을 향상시킵니다.

최근 몇 년 동안 중국은 이트륨 텅스텐 전극 연구 개발 분야에서 상당한 진전을 이루었습니다. 예를 들어, 국내 한 회사는 다중 복합 텅스텐 전극(WX4)을 개발하여 국가 발명 특허를 획득했습니다. 이 전극은 도핑 공정 및 성능 최적화에서 획기적인 발전을 이루었으며 고성능 용접 시나리오에 널리 사용됩니다. 또한, 전 세계적으로 이트륨 텅스텐 전극의 연구 개발 초점은 비방사성 및 저비용 대체 재료 개발을 목표로 환경 보호 및 비용 효율성으로 점차 이동하고 있습니다.

1.1.3 고성능 용접에서 이트륨 텅스텐 전극의 부상

고성능 용접에서 이트륨 텅스텐 전극의 부상은 항공 우주, 군사 산업 및 고급 제조의 발전과 밀접한 관련이 있습니다. 이러한 분야에서는 용접 조인트의 높은 강도, 정밀도 및 신뢰성이 요구되며 이트륨 텅스텐 전극은 우수한 아크 특성과 낮은 소손률로 인해 선택되는 재료입니다.

항공우주 부문에서 이트륨 텅스텐 전극은 티타늄 합금, 스테인리스강 및 초합금 용접에 널리 사용됩니다. 예를 들어, 항공기 엔진 블레이드의 제조에는 매우 높은 용접 정확도가 필요하며 이트륨 텅스텐 전극의 가느다란 아크 기둥과 깊은 용융 능력은 용접의 균일성과 강도를 보장합니다. 군사 산업에서 이트륨 텅스텐 전극은 장갑 강판 및 미사일 포탄 용접에 사용되며 안정적인 아크와 낮은 소진율은 복잡한 구조의 높은 신뢰성 요구 사항을 충족할 수 있습니다. 또한 원자력 산업 및 에너지 장비 제조에서 이트륨 텅스텐 전극은 내식성과 고온 안정성으로 인해 원자로 압력

저작권 및 법적 책임 선언문

용기와 같은 중요한 부품을 용접하는 데 사용됩니다.

이트륨 텅스텐 전극의 부상은 TIG 용접 기술의 발전에도 기인합니다. 최신 TIG 용접기는 정밀한 전류 제어 및 고주파 아크 기능을 제공하여 이트륨 텅스텐 전극의 특성과 밀접하게 일치합니다. 또한 자동화 및 로봇 용접의 인기는 높은 안정성과 긴 수명으로 생산 비용을 크게 절감하기 때문에 이트륨 텅스텐 전극에 대한 수요를 더욱 촉진합니다.

1.2 이트륨 텅스텐 전극의 시장 포지셔닝

1.2.1 다른 희토류 텅스텐 전극과의 비교 분석

희토류 텅스텐 전극의 일종으로서 이트륨 텅스텐 전극은 토륨 텅스텐 전극 (WT20), 란탄 텅스텐 전극 (WL20) 및 세륨 텅스텐 전극 (WC20)과 성능 및 응용 분야에서 상당한 차이가 있습니다. 다음은 여러 전극의 비교 분석입니다.

토륨 텅스텐 전극(WT20)

화학 성분: 2% 산화토륨(ThO_2), 적색 코팅이 도핑되었습니다.

장점: 강력한 전자 방출 능력, 우수한 아크 성능, 고전류 용접에 적합합니다.

단점: 산화토륨은 방사성이며 장기간 사용하면 건강과 환경에 해를 끼칠 수 있으므로 특별한 보관 및 보호 장비가 필요합니다.

응용 프로그램: 주로 DC 용접에 사용되며 탄소강 및 스테인리스강에 적합하지만 환경 문제로 인해 사용이 제한됩니다.

란탄 텅스텐 전극(WL20)

화학 성분: 1.5%~2% 산화란탄(La_2O_3), 파란색 코팅 헤드가 도핑되었습니다.

장점: 방사능 없음, 우수한 아크 개시 성능, 높은 아크 안정성, AC 및 DC 용접에 적합합니다.

단점: 고전류에서 소진율은 이트륨 텅스텐 전극보다 약간 높으며 내구성은 약간 낮습니다.

응용 프로그램: 알루미늄 합금 및 마그네슘 합금의 AC 용접에 널리 사용되며 자동 용접에 적합합니다.

세륨 텅스텐 전극 (WC20)

화학 성분: 2% 산화세륨(CeO_2), 회색 코팅이 도핑되었습니다.

장점: 방사능이 없고 저전류에서 우수한 아크 성능, 박판 용접에 적합합니다.

단점: 고전류에서 아크 안정성이 좋지 않고 고온 저항은 이트륨 텅스텐 전극만큼 좋지 않습니다.

응용 분야: 전자 부품 및 얇은 벽 튜브와 같은 저전력 정밀 용접에 적합합니다.

이트륨 텅스텐 전극 (WY20)

화학 성분: 2% 산화 이트륨(Y_2O_3)이 도핑되어 파란색 코팅 팁이 있습니다.

장점: 비방사성, 급속 아크, 안정적인 아크, 낮은 소진율, 중간 및 고전류 딥 펄스 용접에 적합합니다.

단점: 생산 비용이 약간 높고 가공이 더 어렵습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

응용 프로그램: 항공우주 및 군사 산업에서 널리 사용되며 탄소강, 스테인리스강, 구리 알루미늄 및 기타 재료에 적합합니다.

성능 비교의 관점에서 이트륨 텅스텐 전극은 특히 고전류, 딥멜트 용접 시나리오에서 포괄적인 성능 측면에서 다른 희토류 텅스텐 전극보다 우수합니다. 비방사성 특성으로 인해 란타넘 텅스텐 및 세륨 텅스텐 전극에 비해 고온 내구성 및 아크 안정성 측면에서 장점이 있는 토륨 텅스텐 전극의 이상적인 대안입니다.

1.2.2 이트륨 텅스텐 전극의 글로벌 시장 현황 및 전망

중국의 텅스텐 자원 매장량이 세계 자원의 70% 이상을 차지하고 연간 생산량이 세계 생산량의 80% 이상을 차지하기 때문에 세계 텅스텐 전극 시장은 중국이 지배하고 있습니다. 중국 기업은 이트륨 텅스텐 전극의 R&D 및 생산 분야에서 선도적인 위치를 차지하고 있습니다. 또한 미국, 유럽 및 일본도 텅스텐 전극 시장, 특히 고급 응용 분야에서 상당한 영향력을 행사하고 있습니다.

시장 조사에 따르면 2020 년 전 세계 텅스텐 전극 시장 규모는 약 5 억 달러였으며 2030 년까지 연평균 복합 성장률(CAGR) 약 4.5%로 성장할 것으로 예상됩니다. 항공우주, 군수산업, 신에너지 장비 제조가 주요 성장동력입니다. 예를 들어, 2030 년까지 1 조 2 천억 달러에 이를 것으로 예상되는 세계 항공우주 시장의 급속한 성장은 고성능 용접 재료에 대한 수요를 직접적으로 주도하고 있습니다.

지역 시장 측면에서 아시아 태평양 (특히 중국과 인도)은 이트륨 텅스텐 전극의 가장 큰 소비자 시장으로 세계 시장의 50% 이상을 차지합니다. 북미와 유럽 시장은 전극의 정밀도와 신뢰성에 중점을 두고 고급 응용 분야에 중점을 두고 있습니다. 앞으로 환경 규제가 강화되고 토륨 텅스텐 전극이 단계적으로 폐지됨에 따라 이트륨 텅스텐 전극에 대한 시장 수요는 더욱 증가할 것으로 예상됩니다. 또한 적층 제조(3D 프린팅) 및 레이저-TIG 복합 용접과 같은 신형 기술의 부상으로 이트륨 텅스텐 전극의 새로운 응용 시나리오도 열렸습니다.

그러나 이트륨 텅스텐 전극 시장도 도전에 직면해 있습니다. 높은 생산 비용과 원자재 가격 변동이 주요 제약입니다. 또한 일부 개발도상국에서는 여전히 저렴한 비용으로 토륨 텅스텐 전극을 사용하는 것을 선호하므로 단기적으로 이트륨 텅스텐 전극의 인기를 억제할 수 있습니다. 장기적으로 환경에 대한 인식이 높아지고 생산 공정이 최적화됨에 따라 이트륨 텅스텐 전극은 전 세계적으로 더 큰 시장 점유율을 차지할 것으로 예상됩니다.

1.2.3 이트륨 텅스텐 전극의 고유한 장점

이트륨 텅스텐 전극의 고유한 장점은 다음과 같은 측면에 반영됩니다.

우수한 아크 성능: 이트륨 텅스텐 전극의 아크 컬럼은 가늘고 압축이 심하여 중대에서 고전류의 깊은 침투 용접에 적합합니다. 아크 시동 전압이 낮고(약 10~15V), 아크가 빠르게 점화되며 안정성이 높아 고정밀 용접에 적합합니다.

낮은 소진율: 산화이트륨의 도핑은 재결정 온도를 증가시켜 전극이 고온에서 쉽게

저작권 및 법적 책임 선언문

변형되거나 소손되지 않으며 수명은 순수 텅스텐 전극보다 약 30%~50% 더 깁니다.

환경 친화적이고 무방사성: 토륨 텅스텐 전극과 비교하여 이트륨 텅스텐 전극에는 방사성 물질이 포함되어 있지 않아 현대 환경 보호 및 안전 표준을 충족하여 작업자의 건강 위험을 줄입니다.

광범위한 재료 적응성: 이트륨 텅스텐 전극은 탄소강, 스테인리스강, 구리, 알루미늄 및 티타늄 합금과 같은 다양한 금속 용접에 적합하므로 얇은 판에서 두꺼운 판까지 다양한 용접 시나리오에 적합합니다.

높은 신뢰성: 항공우주 및 군사 산업에서 이트륨 텅스텐 전극은 용접의 높은 강도와 일관성을 보장하여 까다로운 품질 요구 사항을 충족합니다.

이러한 장점으로 인해 이트륨 텅스텐 전극은 고급 용접 분야, 특히 용접 품질 및 환경 보호에 대한 요구 사항이 높은 시나리오에서 대체할 수 없습니다.



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

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com
Phone: +86 592 5129595; 592 5129696
Website: www.tungsten.com.cn

2 장 이트륨 텅스텐 전극의 분류

고성능 비소모성 전극인 이트륨 텅스텐 전극은 우수한 아크 안정성, 낮은 소진율 및 비방사성 특성으로 인해 텅스텐 아르곤 아크 용접(TIG), 플라즈마 아크 용접 및 기타 고정밀 응용 분야에 널리 사용됩니다. 다양한 공정, 재료 및 환경의 요구를 충족시키기 위해 이트륨 텅스텐 전극은 이트륨 산화물 함량, 용접 공정, 형태 사양, 적용 환경 및 표준 사양에 따라 분류됩니다. 이 장에서는 이러한 분류 방법에 대해 자세히 논의하고 다양한 유형의 전극의 성능, 용도 및 개발 동향을 분석합니다.

2.1 산화이트륨 함량에 따른 분류

이트륨 산화물(Y_2O_3)의 함량은 이트륨 텅스텐 전극 성능의 주요 영향 요인으로, 전극의 전자 탈출 작업, 아크 안정성 및 고온 저항을 직접적으로 결정합니다. 산화 이트륨의 다양한 함량에 따라 이트륨 텅스텐 전극은 표준 함량(예: WY20)과 맞춤형 함량 전극으로 나눌 수 있습니다.

2.1.1 2% 이트륨 산화물 전극(WY20)의 성능 및 사용.

성능 특성: WY20 전극은 현재 가장 일반적인 유형의 이트륨 텅스텐 전극으로 산화 이트륨 함량이 1.8%~2.2%(질량 분율)이며 국제 표준 ISO 6848 및 국내 표준 GB/T 4192 를 준수합니다.

주요 기능은 다음과 같습니다.

전자 탈출 작업: 2.5~2.7eV, 순수 텅스텐 전극(4.5eV)보다 낮기 때문에 아크 전압이 낮고(10~15V) 아크 시간은 0.1 초<입니다.

아크 안정성: 아크 드리프트율 <5%, DC 양극성(DCEN) 및 교류(AC) 용접에 적합하며 전류 범위는 50~300A 입니다.

소진율: 200A DC 조건에서 소진률 < 0.2mg/min 으로 토륨 텅스텐 전극(0.3~0.5mg/min)보다 낮습니다.

기계적 성질: 비커스 경도(HV) 400~450, 인장 강도 > 1000MPa, 고온 용접 환경(아크 온도 6000~7000°C)에 적합합니다.

환경 보호: 국제노동기구(ILO) 안전 표준에 따라 토륨 텅스텐 전극(ThO_2 함유, α 선 방출)보다 방사성이 없습니다.

제조 공정 : WY20 전극은 분말 야금 공정으로 제조되며 텅스텐 분말 순도 $\geq 99.95\%$, 산화 이트륨 입자 크기 12 μm 입니다. 도핑 공정은 스프레이 도핑 또는 고에너지 볼 밀링을 사용하여 산화 이트륨의 균일한 분포를 보장합니다(편차 $\leq \pm 0.1\%$). 소결은 2000~2400°C 의 온도와 98% 이상의 밀도의 진공 또는 수소 분위기로부터 수행됩니다.

주요 용도:

항공우주: 터빈 블레이드, 엔진 연소실 및 동체 구조용 티타늄 합금(예: Ti-6Al-4V) 및 니켈 기반 합금(예: 인코넬 718)을 용접합니다. WY20 의 낮은 소진율과 안정적인 아크는 항공 표준을 충족하는 >900MPa 의 용접 강도를 보장합니다.

에너지 산업: 원자력 설비용 스테인리스강 압력용기 및 가스 터빈용 니켈 기반 합금 부품을 용접하며 전류는 150~250A 이며 용접부에 기공이나 균열이 없습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

자동차 제조: 50~150A 의 전류로 용접된 스테인리스강 및 알루미늄 합금 본체로 열영향부(<0.5mm)가 작은 박판(<2mm) 용접에 적합합니다.

조선 산업: 고강도 강판 용접, 전류 200~300A, 강한 깊은 침투 능력, 높은 용접 인성.

장점 및 한계: WY20 전극은 중전류 및 범용 용접 시나리오에서 성능이 우수하고 비용 효율적이지만 초고전류(>400A) 또는 미세 용접(솔더 조인트 < 0.5mm)의 경우 산화 이트륨 함량 또는 팁 설계를 조정해야 할 수 있습니다.

2.1.2 맞춤형 이트륨 산화물 함량 전극 개발

배경 및 요구 사항: 용접 공정(예: 초고전류 플라즈마 아크 용접, 마이크로 용접)이 다양화됨에 따라 표준 WY20 전극은 특정 요구 사항을 충족하지 못할 수 있습니다. 맞춤형 산화이트륨 함량 전극(예: WY10 및 WY30)은 특수 응용 시나리오를 충족하기 위해 Y_2O_3 비율(0.5%~3.5%)을 조정하여 성능을 최적화합니다.

개발 방향:

낮은 산화 이트륨 전극(WY10, Y_2O_3 0.8%~1.2%):

성능: 전자 탈출 전력 2.7~2.9eV, 저전류(<50A) 납땜에 적합하며 약 10%~15% 저렴한 비용. 아크 안정성은 WY20(드리프트율 <7%)에 비해 약간 떨어지지만 아크 성능은 좋습니다.

용도: 마이크로 용접(예: 칩 패키징, 의료 기기), 박판 스테인리스강(<1mm) 용접.

제조: 저도핑 스프레이 공정을 사용하여 이트륨 산화물의 양을 줄이고 소결 온도는 1800~2200°C 입니다.

높은 산화 이트륨 전극(WY30, Y_2O_3 2.5%~3.5%):

성능: 전자 탈출 전력 2.4~2.6eV, 번다운 속도 <0.1mg/min, 재결정 온도 > 2100°C. 초고전류(>400A) 및 고온 환경에 적합합니다.

응용 분야: 원자력 산업 및 항공 우주의 플라즈마 아크 용접, 스프레이 및 딥 멜트 용접.

제조: 나노 스케일 이트륨 산화물(입자 크기 10~50nm) 및 방전 플라즈마 소결(SPS)이 사용되며 입자 크기는 <5 μ m 이고 밀도는 99%>.

복합 도핑 전극: Y-La-W(Y_2O_3 1.5%+ La_2O_3 0.5%)와 같은 산화 란탄(La_2O_3) 또는 산화 세륨(CeO_2)과 시트륨 산화물을 결합합니다. 이 유형의 전극은 낮은 탈출 작업과 높은 내열성을 결합하여 아크 드리프트율이 <3%이고 수명이 20%~30% 더 깁니다.

도전과 전망:

과제: 산화이트륨 함량이 높으면 생산 비용(약 15%~20%)이 증가하고, 나노 도핑 기술에는 보다 정교한 장비(예: 고에너지 볼 밀, SPS 용광로)가 필요합니다.

전망: 맞춤형 전극은 고급 시장(예: 반도체 및 원자력 산업)의 요구를 충족할 수 있으며 시장 점유율은 2030 년까지 15%~20%로 증가할 것으로 예상됩니다.

2.2 용접 공정에 따른 분류

이트륨 텅스텐 전극은 TIG 용접 특수 전극, 플라즈마 아크 용접 및 다양한 용접

저작권 및 법적 책임 선언문

공정에 따라 특수 및 특수 공정 전극 절단으로 구분되며 각 유형의 전극은 특정 공정에 최적화되어 있습니다.

2.2.1 TIG 용접용 이트륨 텅스텐 전극

특징: TIG 용접(아르곤 아크 용접)은 이트륨 텅스텐 전극의 주요 응용 분야로 아크 온도는 6000~7000°C이고 전류는 50~300A입니다. WY20 전극은 팁 각도가 30°~45°이고 직경이 1.6~3.2mm 인 낮은 탈출 작업 및 아크 안정성으로 인해 선호됩니다.

성능 요구 사항:

아크 전압은 <15V 이고 아크 시간은 <0.1 초입니다.

아크 드리프트율은 <5%로 DCEN 및 AC 용접에 적합합니다.

소진율 <0.2mg/min 이며 수명은 100~150 시간입니다.

쓰다:

스테인레스 스틸 용접: 자동차 배기관, 압력 용기, 전류 50~150A, 매끄러운 용접 이음새, 열 영향부 <0.5mm.

티타늄 합금 용접: 항공우주 구조 부품, 전류 100~200A, 아르곤 보호가 필요합니다(유량 1015L/min).

알루미늄 합금 용접: AC 용접, 전류 50~200A, 주파수 50~150Hz, 차체 및 선박 부품에 적합합니다.

최적화된 디자인:

아크가 집중되도록 팁을 30°~45°로 연마합니다.

아크 드리프트를 줄이기 위해 표면(Ra<0.4μm)의 전기화학적 연마.

지능형 용접기와 결합하여 펄스 주파수(1~10Hz)가 자동으로 조정되어 용접 품질을 향상시킵니다.

2.2.2 플라스마 아크 용접 및 절단용 전극

특징: 플라스마 아크 용접(PAW) 및 절단은 고에너지 밀도 아크(온도 > 20000°C), 전류 100~500A 를 사용하므로 전극은 높은 전류 지지력과 고온 저항을 가져야 합니다. WY20 또는 WY30 전극의 직경은 2.4~4.8mm 이고 팁 각도는 45°~60°입니다.

성능 요구 사항:

아크 안정성(드리프트율 <3%) 및 심침입 용접(침투 깊이 10~15mm)을 지원합니다.

소진율 <0.15mg/min 이며 수명은 50~100 시간입니다.

높은 재결정 온도(>2000°C), 열충격에 강합니다.

쓰다:

플라스마 아크 용접: 원자력 장비용 스테인레스 스틸 압력 용기, 전류 200~400A, 다공성 없이 용접.

플라스마 절단: 탄소강, 스테인리스 강판(두께 20~100mm), 전류 300~1000A, 절단 폭 <2mm.

플라스마 스프레이: 항공 터빈 블레이드의 세라믹 코팅(지르코니아), 전류 400~600A, 코팅 접착 강도 >70MPa.

저작권 및 법적 책임 선언문

최적화된 디자인:

향상된 고온 성능을 위해 WY30 전극을 사용하십시오.

전극이 과열되지 않도록 보호하기 위해 수냉식 용접 토치가 장착되어 있습니다.

아르곤-헬륨 혼합 보호 가스(비율 3:1)는 아크 온도와 안정성을 향상시키는 데 사용됩니다.

2.2.3 특수 공정용 전극(진공 용접, 마이크로 용접).

특징: 진공 용접 및 미세 용접에는 휘발성이 낮고 정밀도가 높으며 열 입력이 적은 전극이 필요합니다. WY20 전극(직경 0.5~1.6mm) 또는 맞춤형 소형 전극(직경 0.3~0.8mm)이 주요 옵션입니다.

성능 요구 사항:

낮은 가스 방출 속도($<10^{-6}$ Pa·m³/s), 진공 환경(10^{-3} ~ 10^{-5} Pa)에 적합합니다.

아크 직경 <0.5 mm 로 마이크로 용접에 적합합니다.

연소 속도는 <0.1 mg/min 이고 팁 반경은 <0.1 mm 입니다.

쓰다:

진공 용접: 반도체 장비 파이프라인, 우주선 티타늄 합금 셀, 전류 10~50A, 진공도 10^{-4} Pa.

마이크로 용접: 칩 패키징, 의료 기기(예: 수술 도구), 전류 5~20A, 용접점 직경 <0.2 mm.

고정밀 적층 제조: 플라즈마 아크는 항공우주 부품을 수리합니다., 전류 20~50A, 적층 정확도 ± 0.05 mm.

최적화된 디자인:

레이저 미세 가공으로 달성한 소형 바늘형 전극(팁 반경 <0.05 mm)을 개발했습니다.

고순도 헬륨(유량 8~12L/min)을 사용하여 아크 확산을 줄입니다.

고주파 아크 장치(주파수 10~20kHz)와 결합하여 빠른 점화를 보장합니다.

2.3 형태 및 사양에 따른 분류

이트륨 텅스텐 전극의 형태와 사양은 응용 요구 사항에 따라 표준 막대, 마이크로 바늘 및 비표준 맞춤형 전극으로 나뉘어 다양한 용접 정밀도 및 공정 요구 사항을 충족합니다.

2.3.1 표준 막대 전극(직경 및 길이 사양)

특징: 표준 막대 전극은 직경 0.5~6.4mm, 길이 50~175mm 로 ISO 6848 및 GB/T 4192 표준을 충족하는 이트륨 텅스텐 전극의 주요 형태입니다. 공차 $\pm$ 는 직경 0.05mm, 길이 ± 1 mm, 표면 거칠기는 $Ra<0.4\mu m$ 입니다.

사양 및 응용 프로그램:

직경 0.5~1.6mm: 마이크로 용접 및 박판 납땜, 전류 10~100A, 칩 패키징 및 의료 기기에 적합합니다.

직경 1.6~3.2mm: 범용 TIG 용접, 전류 50~250A, 스테인리스강, 티타늄 합금 및

저작권 및 법적 책임 선언문

알루미늄 합금에 적합합니다.

직경 3.2~6.4mm: 고전류 용접 및 플라즈마 절단, 전류 200~500A, 후판 및 딥멜트 용접에 적합합니다.

길이 50~75mm: 수동 용접으로 작업이 용이합니다.

길이 150~175mm: 자동 용접, 긴 용접 건과 호환됩니다.

제조 공정:

정밀 인발기(공차 $\pm 0.01\text{mm}$)와 레이저 절단기(길이 정확도 $\pm 0.1\text{mm}$)가 사용됩니다.

표면은 매끄럽고 결함이 없도록 전기화학적으로 연마됩니다.

장점: 표준 막대 전극은 높은 생산 효율, 저렴한 비용, 강력한 다양성을 가지며 시장 점유율의 70% 이상을 차지합니다.

2.3.2 마이크로 니들 전극(초정밀 용접용)

특징: 마이크로 바늘 전극 직경 0.3~1.0mm, 팁 반경 $< 0.1\text{mm}$, 초정밀 용접용으로 설계되었습니다. 전극 길이는 20~50mm, 공차는 $\pm 0.01\text{mm}$, 표면 거칠기는 $Ra < 0.2\mu\text{m}$ 였습니다.

성능 및 사용법:

성능: 아크 직경 $< 0.5\text{mm}$, 열 영향부 $< 0.1\text{mm}$, 전류 5~50A 에 적합합니다.

쓰다:

반도체 칩 패키지: 납땜 구리 및 금 리드, 납땜 접합 직경 $< 0.2\text{mm}$.

의료 기기: 용접 마이크로 스테인레스 스틸 수술용 칼, 전류 5~20A.

광전자공학: $0.01\text{mm} \pm$ 정확도로 광섬유 커넥터를 납땜합니다.

제조 공정:

레이저 미세 가공 장비를 사용하여 팁을 $15^\circ \sim 30^\circ$ 각도로 가공합니다.

매끄러운 표면을 보장하기 위해 전기화학적 연마(전압 5~10V)를 사용합니다.

초미세 전극을 생산하기 위해 고정밀 드로잉 머신(공차 $\pm 0.005\text{mm}$)이 장착되어 있습니다.

개발 동향: 마이크로일렉트로닉스 및 의료 산업의 발전으로 마이크로 바늘 전극에 대한 수요는 20%~30% 증가하여 레이저 가공 및 나노 도핑 기술의 적용을 촉진할 것으로 예상됩니다.

2.3.3 비표준 맞춤형 전극(특수 형상 설계 및 적용)

특징: 비표준 맞춤형 전극은 곡선 전극, 테이퍼 전극 또는 다중 팁 전극과 같은 특수 공정 요구 사항에 따라 설계되었습니다. 직경과 길이는 공차 $0.05\text{mm} \pm$ 고객 요구 사항에 따라 맞춤화됩니다.

응용 시나리오:

복잡한 구조 용접: 항공우주 부품의 특수한 형상 용접에는 굽힘 전극(곡률 반경 5~10mm)이 필요합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

다점 납땜: 배터리 어셈블리의 다리드 납땜은 다중 팁 전극(팁 간격 0.5~2mm)을 사용합니다.

적층 제조: 원추형 전극(팁 각도 60°~90°)을 사용하여 적층 정확도를 향상시키는 플라즈마 아크 수리.

제조 공정:

특수 형상 전극은 CNC 선반 또는 3D 프린팅 기술을 사용하여 형성됩니다.

복잡한 형상은 레이저 절단 및 방전 가공(EDM)을 사용하여 구현됩니다.

지르코니아와 같은 표면 코팅은 고온 저항성을 향상시킵니다.

장점과 과제:

장점: 특별한 요구 사항을 충족하고 용접 효율을 향상시킵니다.

과제: 긴 생산 주기와 높은 비용(약 20%~30% 더 높음).

2.4 응용 환경에 따른 분류

이트륨 텅스텐 전극은 응용 환경의 온도, 대기 및 화학적 특성에 따라 고온, 진공 및 불활성 가스와 부식성 환경용 특수 전극으로 구분됩니다.

2.4.1 고온 환경에서의 용접 전극

특징: 고온 환경(예: 플라즈마 아크 용접, 스프레이)에서는 전극이 높은 재결정 온도(>2000°C)와 낮은 소손률(<0.15mg/min)을 가져야 합니다. WY30 전극(Y_2O_3 2.5%~3.5%)이 주요 선택이며 직경은 2.4~4.8mm 이고 팁 각도는 45°~60°입니다.

성능 및 사용법:

성능: 열충격 저항, 아크 온도 > 10000°C, 수명 50~100 시간.

쓰다:

원자력 산업: 용접된 지르코늄 합금 연료봉, 현재 300~500A.

항공우주: 니켈 기반 합금 터빈 블레이드 스프레이, 전류 400~600A.

에너지 장비: 가스 터빈 연소실 용접, 온도 > 1200°C.

최적화된 디자인:

SPS 소결을 사용했으며 입자 크기는 < 5μm 였습니다.

표면 나노 코팅(예: Y_2O_3 - ZrO_2)을 사용하여 내산화성을 향상시킵니다.

2.4.2 진공 및 불활성 가스 환경 전극

특성: 진공(10^{-3} ~ 10^{-5} Pa) 또는 불활성 가스(예: 아르곤, 헬륨) 환경에서는 낮은 전극 휘발성이 필요합니다(가스 방출 속도 < 10^{-6} Pa·m³/s). WY20 전극(직경 0.5~2.4mm)은 이러한 환경에 적합하며 팁 반경은 0.2mm<입니다.

성능 및 사용법:

성능: 낮은 가스 방출, 아크 안정성(드리프트율 <3%).

쓰다:

반도체 장비: 스테인레스 스틸 파이프 진공 용접, 전류 10~50A.

저작권 및 법적 책임 선언문

우주선: 티타늄 합금 웰 용접, 진공도 10^{-4} Pa.

진공 열처리: 고온로 전극, 온도 $> 1500^{\circ}\text{C}$.

최적화된 디자인:

고순도 텅스텐($\geq 99.99\%$)과 나노 이트륨 산화물($10\sim 50\text{nm}$)을 사용합니다.

고순도 헬륨(유량 $8\sim 12\text{L/min}$)을 사용하여 아크 확산을 줄입니다.

2.4.3 부식성 환경용 특수 전극

특성: 부식성 환경(예: 해양 공학, 화학 장비)에서는 산화 및 화학적 부식에 저항하는 전극이 필요합니다. 아르곤 보호 기능이 있는 WY20 전극(직경 $1.6\sim 3.2\text{mm}$)(유량 $10\sim 15\text{L/min}$)이 주요 선택입니다.

성능 및 사용법:

성능: 항산화층 형성(WO_3 휘발성 $< 0.05\text{mg/min}$), 표면 거칠기 $Ra < 0.2\mu\text{m}$.

쓰다:

해양 공학: 염화물 이온 부식에 강한 용접 스테인리스 스틸 선박 갑판.

화학 장비: 산성 환경에 강한 하스텔로이 합금 파이프 용접.

에너지 산업: 원자력 장비 파이프라인 용접, 고온 및 고압 저항.

최적화된 디자인:

내식성 향상을 위한 표면 전기화학적 연마 또는 코팅(예: TiN).

아르곤-헬륨 혼합 가스(비율 4:1)와 결합하여 보호 효과가 향상됩니다.

2.5 표준 및 식별 사양

표준 및 라벨링 사양은 국제 표준, 국내 표준 및 포장 요구 사항을 포괄하는 이트륨 텅스텐 전극의 품질 일관성과 추적성을 보장합니다.

2.5.1 국제 표준(ISO 6848, AWS A5.12)의 분류 및 색상 스케일.

ISO 6848:2015:

분류 : 이트륨 텅스텐 전극은 WY20 으로 표시되어 있으며 Y_2O_3 함량은 $1.8\% \sim 2.2\%$ 이며 끝은 파란색으로 칠해져 있습니다.

색상 스케일: 파란색 끝은 토륨 텅스텐(빨간색), 란탄 텅스텐(금) 및 세륨 텅스텐(회색)과 구별됩니다.

요구 사항: 직경 $0.5\sim 6.4\text{mm}$, 공차 $\pm 0.05\text{mm}$; 길이 $50\sim 175\text{mm}$, 공차 $\pm 1\text{mm}$; 소진률 $< 0.2\text{mg/min}$ 입니다.

AWS A5.12:2009:

분류: EWY-2, Y_2O_3 함량 $1.8\%\sim 2.2\%$, 파란색 끝으로 표시됨.

요구 사항: 화학 성분(텅스텐 $\geq 99.5\%$), 아크 안정성(드리프트율 $< 5\%$), 표면 거칠기 $Ra < 0.4\mu\text{m}$.

인증: 성능 테스트 보고서 및 제 3 자 테스트 기관 인증이 필요합니다.

응용 분야: 국제 표준은 글로벌 무역에 적용되며 항공우주, 원자력 산업 및

저작권 및 법적 책임 선언문

마이크로일렉트로닉스 분야에서 일관된 전극 성능을 보장하기 위해 널리 사용됩니다.

2.5.2 국내 표준(GB/T 4192)의 분류 및 식별.

GB/T 4192-2017 :

분류: WY20(Y_2O_3 1.8% 2.2%), WY10(0.8% 1.2%) 및 기타 비표준 모델, 파란색 끝.

요구 사항: 텅스텐 순도 $\geq 99.5\%$, 불순물 $< 0.05\%$, 아크 시동 전압 $< 15V$, 번인 속도 $< 0.2mg/min$.

식별: 모델, 크기, 생산 배치 및 제조업체 정보는 전극 표면 또는 포장에 표시되어 있습니다.

응용 프로그램: 중국 내 실제 생산과 결합된 국내 표준은 비표준 맞춤화를 유연하게 지원하며 자동차, 조선 및 에너지 산업에서 널리 사용됩니다.

2.5.3 이트륨 텅스텐 전극의 포장 및 라벨링 요구 사항

포장 요구 사항:

습기 및 충격 방지: 전극이 축축해지거나 충돌하는 것을 방지하기 위해 밀봉된 플라스틱 상자나 진공 포장을 사용하십시오.

명확한 식별: 포장에는 모델(WY20), 치수(직경, 길이), 배치 번호, 생산 날짜 및 제조업체 정보가 표시되어 있습니다.

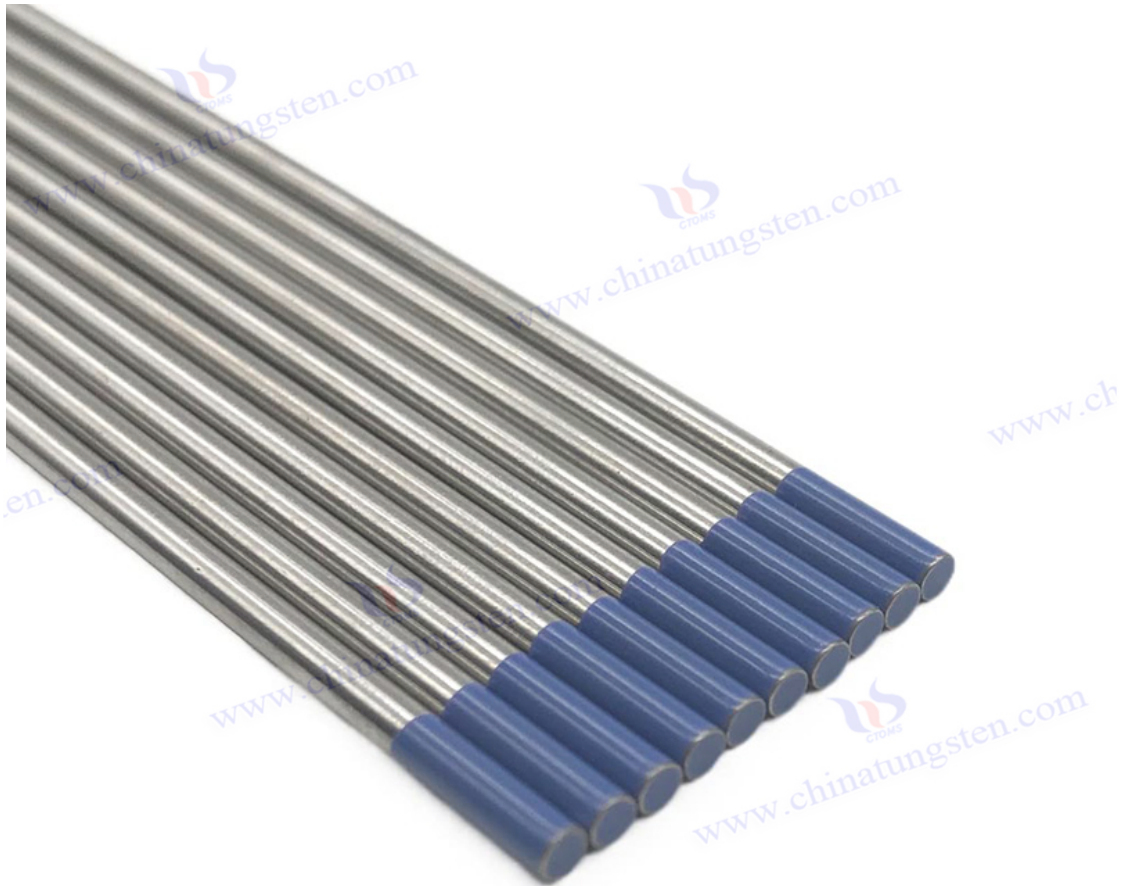
바코드/Rfid: 최신 포장에는 바코드 또는 RFID 태그가 포함되어 있어 재고 관리 및 추적에 용이합니다.

보관 및 운송:

보관 환경: 습도 $< 60\%$, 온도 $5\sim 30^{\circ}C$ 로 산화나 오염을 방지합니다.

배송 요구 사항: 전극이 구부러지거나 부러지는 것을 방지하기 위해 충격 방지 포장을 사용하십시오.

개발 동향: 미래에는 추적성과 사용자 경험을 향상시키기 위해 스마트 패키징(예: QR 코드 링크 성능 데이터)이 도입될 수 있습니다.



3 장 이트륨 텅스텐 전극의 성능 특성

3.1 이트륨 텅스텐 전극의 물리적 특성

3.1.1 이트륨 텅스텐 전극의 높은 용점 및 고온 안정성

이트륨 텅스텐 전극은 탁월한 높은 용점과 고온 안정성으로 용접 산업에서 중요한 위치를 차지하고 있습니다. 이트륨 텅스텐 전극은 주로 고순도 텅스텐(W, 순도 약 98%~99.5%)과 산화이트륨(Y_2O_3 , 질량분율 약 1.8%~2.2%)으로 구성되며 텅스텐의 녹는점은 $3422^{\circ}C$ 로 자연계에서 녹는점이 가장 높은 금속 중 하나입니다. 이러한 특성으로 인해 이트륨 텅스텐 전극은 극도로 높은 온도의 아크 환경(아크 온도는 $6000\sim7000^{\circ}C$ 에 도달할 수 있음)에서 구조적 무결성을 유지할 수 있으며 용융 또는 심각한 소손이 발생할 가능성이 적습니다.

산화 이트륨의 도핑은 전극의 고온 안정성을 더욱 향상시킵니다. 산화이트륨은 열 안정성이 높으며 분해 온도는 용접 공정 중 실제 작동 온도보다 훨씬 높습니다(약 $2500^{\circ}C$ 이상). 이트륨 산화물을 도핑하면 이트륨 텅스텐 전극의 재결정 온도가 크게 증가하여 일반적으로 $2000^{\circ}C$ 이상에 도달하며 이는 순수 텅스텐 전극 $1700^{\circ}C$ 보다 훨씬 높습니다. 이는 이트륨 텅스텐 전극이 장기간 고온 작동 중에 입자 구조의 안정성을 유지하여 입자 경계 미끄러짐과 미세한 균열 형성을 줄일 수 있음을 의미합니다. 이러한 고온 안정성은 전극이 변형이나 성능 저하 없이 지속적인 고온 아크 충격을 견딜 수 있는 항공우주 분야의 티타늄 합금 또는 초합금을 용접할 때와

저작권 및 법적 책임 선언문

같은 고전류 딥멜트 용접에 특히 중요합니다.

또한 이트륨 텅스텐 전극의 고온 안정성은 열충격 저항에도 반영됩니다. 급격한 가열 및 냉각 주기 동안 전극 표면은 열 균열이 발생하기 쉽지 않습니다. 이 특성은 텅스텐 매트릭스의 균일한 미세 구조와 고온에서 입자 경계를 못 박고 입자 성장 및 열 응력 집중을 억제하는 역할을 하는 산화 이트륨 입자의 확산 분포 때문입니다.

3.1.2 이트륨 텅스텐 전극의 밀도, 경도 및 변형 저항

이트륨 텅스텐 전극의 밀도는 고밀도 재료인 약 $19.1\sim19.3\text{g/cm}^3$ 인 순수 텅스텐의 이론값에 가깝습니다. 이러한 고밀도 특성은 전극이 아크 작용 하에서 높은 기계적 안정성을 갖도록 보장하여 아크 충격 및 기계적 진동으로 인한 변형에 저항합니다. 산화이트륨의 도핑은 전극의 밀도에 거의 영향을 미치지 않지만 생산 공정(예: 고온 소결 및 다중 패스 단조)을 최적화함으로써 전극의 내부 다공성을 1% 미만으로 줄여 밀도 균일성을 더욱 향상시킬 수 있습니다.

경도 측면에서 이트륨 텅스텐 전극의 비커스 경도(HV)는 일반적으로 400~450 사이로 순수 텅스텐 전극(약 350~400HV)보다 약간 높습니다. 산화이트륨 입자의 확산 강화 효과는 전극의 변형 저항을 향상시켜 고온 고압에서 소성 변형이 발생하기 어렵게 만듭니다. 이러한 높은 경도와 변형에 대한 저항성은 파이프 용접이나 압력 용기 제조와 같이 전극이 팁 모양의 안정성을 유지하고 변형으로 인한 아크 이동을 줄일 수 있는 장기간 연속 용접이 필요한 시나리오에서 특히 중요합니다.

변형 저항의 증가는 전극의 입자 크기와의 밀접한 관련이 있습니다. 소결 온도와 도핑 공정을 정밀하게 제어함으로써 현대 이트륨 텅스텐 전극은 5~10 μm 범위의 입자 크기를 제어할 수 있으며, 이는 기존 순수 텅스텐 전극의 20~50 μm 에 비해 크게 감소합니다. 미세한 입자 구조는 경도를 향상시킬 뿐만 아니라 전극의 인성을 향상시켜 기계적 응력 하에서 파손되기 쉽습니다.

3.1.3 이트륨 텅스텐 전극의 열전도율 및 열팽창 특성

이트륨 텅스텐 전극의 열전도율은 약 $174\text{W/m}\cdot\text{K}$ 로 순수 텅스텐(약 $170\sim180\text{W/m}\cdot\text{K}$)에 가깝고 다른 희토류 도핑 전극(예: 토륨 텅스텐 전극, 약 $160\text{W/m}\cdot\text{K}$)보다 우수합니다. 높은 열전도율로 인해 전극은 고온 아크의 작용으로 열을 빠르게 발산하여 팁 온도를 낮추고 소손 및 열 균열 발생을 줄일 수 있습니다. 이는 전극 팁이 지속적인 열 입력을 견뎌야 하는 고출력 용접에 특히 중요합니다.

열팽창 계수는 이트륨 텅스텐 전극의 또 다른 주요 물리적 특성입니다. 텅스텐의 열팽창 계수는 약 $4.5\times10^{-6}\text{K}^{-1}(20\sim1000^\circ\text{C})$ 로 낮지만 산화 이트륨의 도핑은 열팽창 계수에 거의 영향을 미치지 않습니다. 이러한 낮은 열팽창 특성은 고온 사이클 동안 전극의 치수 변화를 최소화하여 열팽창으로 인한 응력 집중이나 팁 변형을 방지합니다. 실제 응용 분야에서 열팽창 계수가 낮기 때문에 이트륨 텅스텐 전극은 펄스 TIG 용접 또는 플라즈마 아크 용접과 같은 급속 가열 및 냉각 용접 공정에 적응할 수 있습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com
Phone: +86 592 5129595; 592 5129696
Website: www.tungsten.com.cn

3.2 이트륨 텅스텐 전극의 화학적 성질

3.2.1 고온에서 산화이트륨의 화학적 안정성

이트륨 텅스텐 전극의 핵심 도핑 성분인 이트륨 산화물(Y_2O_3)은 화학적 안정성이 매우 높습니다. 녹는점은 약 $2410^{\circ}C$ 이며 분해 온도는 용접 공정 중 실제 온도보다 훨씬 높습니다(약 $2000\sim 2500^{\circ}C$). 고온 아크 환경에서 이트륨 산화물은 화학적으로 불활성 상태를 유지하며 아크의 반응성 가스(예: 산소, 질소) 또는 금속 증기와 크게 반응하지 않습니다. 이러한 안정성은 장기간 사용하는 동안 전극 표면에 산화물이나 화합물 침전물이 형성되지 않도록 하여 아크의 안정성과 순도를 유지합니다.

산화이트륨의 화학적 안정성은 환원 저항에도 반영됩니다. 아르곤 또는 헬륨 보호 TIG 용접에서 전극 표면은 소량의 환원 가스(예: 수소)에 노출될 수 있습니다. 이트륨 산화물의 높은 결합 에너지(약 $715kJ/mol$ 의 Y-O 결합 에너지)는 환원을 어렵게 만들어 전극의 미세 구조 무결성을 유지합니다. 이 특성은 전극 표면의 화학적 변화로 인해 아크 드리프트나 용접 오염이 발생할 수 있는 고정밀 용접에 특히 중요합니다.

3.2.2 이트륨 텅스텐 전극의 내산화성 및 내식성

고온에서 이트륨 텅스텐 전극의 내산화성은 순수 텅스텐 전극보다 우수합니다. 순수 텅스텐은 고온($>1000^{\circ}C$) 공기에서 산화되기 쉬워 휘발성 WO_3 를 형성하여 전극이 빠르게 소손됩니다. 산화이트륨의 도핑은 안정적인 산화물 보호층을 형성하여 전극 표면의 산화 속도를 크게 감소시킵니다. 실험에 따르면 이트륨 텅스텐 전극의 산화 및 중량 증가 속도는 $1000^{\circ}C$ 의 산화 환경에서 순수 텅스텐 전극의 산화 및 중량 증가율의 50%~60%에 불과합니다.

부식성 환경(예: 염화물 또는 산성 가스가 포함된 산업 환경)에서 이트륨 텅스텐 전극은 우수한 내식성을 나타냅니다. 텅스텐 매트릭스 자체는 내식성이 우수하며, 산화 이트륨의 화학적 불활성은 전극의 부식 저항성을 더욱 향상시킵니다. 예를 들어, 해양 공학 용접에서 이트륨 텅스텐 전극은 해수에서 염화물 이온 부식에 저항하여 장기적인 성능 안정성을 유지합니다.

3.2.3 특수 환경(진공, 불활성 가스 등)에서 이트륨 텅스텐 전극의 화학적 거동

진공 또는 불활성 가스 환경에서 이트륨 텅스텐 전극은 특히 우수한 화학적 거동을 나타냅니다. 진공 용접(예: 진공 전자빔 용접)에서 전극 표면은 활성 가스와 거의 접촉하지 않으며 산화이트륨의 낮은 휘발성($2000^{\circ}C < 10^{-5}Pa$ 에서의 증기압)은 전극이 불순물 가스를 방출하지 않도록 하여 진공 환경의 순도를 유지합니다. 이 기능은 반도체 제작 및 우주선 물개 솔더링에 이상적입니다.

불활성 가스 환경(예: 아르곤, 헬륨 보호 TIG 용접)에서 이트륨 텅스텐 전극의 화학적 안정성은 전극과 차폐 가스 사이의 상호 작용을 더욱 감소시킵니다. 산화 이트륨 입자는 전극 표면에 안정적인 미세한 보호층을 형성하여 텅스텐 매트릭스가 산소나 수증기와 같은 미량 불순물 가스와 반응하는 것을 방지합니다. 이러한 특성은 아크의 순도와 용접 품질을 보장하며, 이는 고정밀 용접에 특히 유리합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

3.3 이트륨 텅스텐 전극의 전기적 특성

3.3.1 이트륨 텅스텐 전극의 전자 탈출 작업 및 아크 성능

이트륨 텅스텐 전극의 전자 탈출 작업은 전기적 성능의 핵심 지표입니다. 순수 텅스텐의 전자 탈출 작업은 약 4.5eV 인 반면 산화 이트륨의 도핑은 이를 2.5~2.7eV 로 감소시킵니다. 이러한 낮은 탈출 작업은 전극의 열이온 방출 능력을 크게 향상시켜 전극이 더 낮은 전압(10~15V)에서 아크를 점화할 수 있도록 하여 아크 시작 시간과 에너지 소비를 줄입니다.

실제 응용 분야에서 이트륨 텅스텐 전극의 아크 성능은 빠른 응답과 낮은 아크 고장률이 특징입니다. 특히 펄스 TIG 용접 또는 고주파 아크 공정에서 전극은 밀리초 단위로 안정적인 아크 컬럼을 형성할 수 있습니다. 이 특성은 전자 부품이나 의료 기기의 미세 용접과 같은 정밀 용접에 특히 중요하여 열 입력을 줄이고 공작물 재료를 보호합니다.

3.3.2 고전류 밀도에서 이트륨 텅스텐 전극의 아크 안정성

높은 전류 밀도(50~500A/mm²)에서 이트륨 텅스텐 전극의 아크 안정성은 주요 장점 중 하나입니다. 산화 이트륨의 도핑은 아크 컬럼을 더 가늘고 압축하게 만들고 아크 에너지가 집중되며 용융 풀이 정확하게 제어됩니다. 실험에 따르면 이트륨 텅스텐 전극의 아크 드리프트율은 200~300A 의 고전류 조건에서 5% 미만으로 순수 텅스텐 전극(약 10%~15%)에 비해 크게 개선되었습니다.

향상된 아크 안정성은 전극 팁의 미세 구조와도 관련이 있습니다. 산화이트륨 입자는 전극 끝에 균일한 방출점을 형성하여 아크의 국부적 점프 또는 분산을 줄입니다. 이 특성은 안정적인 아크가 용접의 균일성과 강도를 보장하는 두꺼운 스테인리스강 또는 티타늄 합금 용접과 같은 딥멜트 용접에서 특히 중요합니다.

3.3.3 이트륨 텅스텐 전극의 전도도 및 열이온 방출 용량

이트륨 텅스텐 전극의 전도도는 순수 텅스텐의 전도도에 가깝고 저항률은 약 $5.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 로 토륨 텅스텐 전극(약 $6.0 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$)보다 약간 우수합니다. 높은 전도성은 전극이 고전류에서 효율적으로 전류를 전도할 수 있도록 보장하여 줄 열 손실을 줄이고 팁 온도의 안정성을 유지합니다.

열 방출 기능은 이트륨 텅스텐 전극의 또 다른 주요 전기적 특성입니다. 이트륨 산화물의 낮은 탈출 작업과 고온 안정성으로 인해 아크 환경에서 열 전자를 지속적으로 방출하고 아크의 연속성을 유지할 수 있습니다. 란탄 텅스텐 전극(WL20) 또는 세륨-텅스텐 전극(WC20)과 비교하여 이트륨 텅스텐 전극은 고전류(>200A)에서 열이온 방출 효율이 높아 고출력 딥멜트 용접에 적합합니다.

3.4 이트륨 텅스텐 전극의 기계적 성질

3.4.1 이트륨 텅스텐 전극의 고온 크리프 저항

고온에서 이트륨 텅스텐 전극의 크리프 저항은 산화 이트륨의 확산 강화 효과 때문입니다. 고온 아크 환경(약 2000~2500°C)에서 순수 텅스텐 전극은 크리프가 발생하기 쉬워 팁이 변형되거나 파손됩니다. 이트륨 산화물 입자는 입자 경계를 고정하고 전위 이동을 억제하여 전극의 크리프 저항을 크게 향상시킵니다. 실험에

저작권 및 법적 책임 선언문

따르면 2000 °C 에서 이트륨 텅스텐 전극의 크리프 속도는 순수 텅스텐 전극의 30 % ~ 40 %에 불과합니다.

이러한 크리프 저항을 통해 이트륨 텅스텐 전극은 장기간 고전류 용접 중에 형상 안정성을 유지할 수 있습니다. 예를 들어, 전극이 몇 시간 동안 연속 작동되는 항공우주 분야의 티타늄 용접에서 이트륨 텅스텐 전극의 크리프 방지 특성은 팁 모양의 장기적인 안정성을 보장합니다.

3.4.2 이트륨 텅스텐 전극 전극 팁의 내마모성

전극 팁의 내마모성은 용접 품질과 전극 수명에 영향을 미치는 중요한 요소입니다. 이트륨 텅스텐 전극은 정밀 연삭 공정을 통해 날카로운 팁(팁 반경 0.1~0.5mm)으로 형성되며 산화이트륨의 강화 효과로 내마모성이 향상됩니다. 고전류 용접에서 전극 팁은 아크 충격과 이온 충격을 받으며 산화 이트륨 입자(약 910 Mohs)의 경도는 팁 마모 및 침식에 효과적으로 저항합니다.

순수 텅스텐 전극과 비교하여 이트륨 텅스텐 전극의 팁 마모율은 특히 교류(AC) 용접에서 약 20%~30% 감소합니다. AC 용접에서 전극 팁은 양극성과 음극성 사이를 빠르게 전환하며 이트륨 텅스텐 전극의 내마모성은 팁 모양의 장기적인 안정성을 보장하여 아크 드리프트 및 용접 결함을 줄입니다.

3.4.3 이트륨 텅스텐 전극의 낮은 연소 손실 특성 및 수명 분석

이트륨 텅스텐 전극의 낮은 소진률은 가장 중요한 기계적 특성 중 하나입니다. 번다운 속도는 일반적으로 특정 전류 및 시간에서 전극의 질량 손실 속도로 정의됩니다. 실험에 따르면 이트륨 텅스텐 전극의 소손률은 200A DC 용접 조건에서 0.1~0.2mg/min에 불과하며 순수 텅스텐 전극(0.3~0.5mg/min)보다 현저히 낮습니다.

낮은 연소 손실률은 다음 요인 덕분에 달성됩니다.

산화 이트륨은 전극의 재결정 온도를 높이고 고온에서 입자 성장을 감소시킵니다. 높은 열전도율과 낮은 열팽창 계수는 팁의 열 응력을 줄이고 미세 균열을 줄입니다. 전극 표면 평활도가 높고($Ra < 0.4\mu m$) 아크 충격으로 인한 재료 박리가 줄어듭니다.

수명 분석에 따르면 일반적인 TIG 용접 조건에서 이트륨 텅스텐 전극의 수명은 100~150 시간에 달할 수 있으며 이는 순수 텅스텐 전극(50~80 시간)보다 약 30%~50% 더 깁니다. 고전류 또는 고주파 펄스 용접에서는 수명 이점이 훨씬 더 분명합니다.

3.5 이트륨 텅스텐 전극의 안전 및 환경 보호 특성

3.5.1 이트륨 텅스텐 전극의 비방사능 및 저독성의 장점

이트륨 텅스텐 전극의 비방사능은 토륨 텅스텐 전극(WT20)에 비해 주요 장점입니다. 토륨 텅스텐 전극은 산화토륨(α 방사성인 ThO_2)의 존재로 인해 건강에 위험을 초래하며 장기간 노출되면 방사선 노출로 이어질 수 있습니다. 이트륨 텅스텐 전극의 이트륨 산화물은 방사성이 아니며 국제노동기구(ILO) 및 세계보건기구(WHO)의 안전 기준을 충족합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

또한 이트륨 텅스텐 전극의 낮은 독성 특성으로 인해 생산 및 사용 중 작업자의 건강에 미치는 영향이 최소화됩니다. 산화 이트륨과 텅스텐은 모두 휘발되거나 유해 가스를 생성하지 않는 화학적으로 불활성 물질입니다. 용접 공정 중에 이트륨 텅스텐 전극은 독성 증기를 방출하지 않아 작업자의 호흡기 및 피부 노출 위험을 줄입니다.

3.5.2 이트륨 텅스텐 전극의 환경 영향 및 지속 가능성 평가

이트륨 텅스텐 전극의 환경 보호는 생산 및 사용 중 환경에 미치는 영향이 적다는 데 반영됩니다. 토륨 텅스텐 전극과 비교하여 이트륨 텅스텐 전극은 특별한 방사성 폐기물 처리 시설이 필요하지 않아 환경 오염 위험이 줄어듭니다. 스프레이 도핑 및 고온 소결과 같은 최신 공정은 에너지 활용을 최적화하고 폐기물 배출을 줄여 생산 중 지속 가능성을 향상시킵니다.

수명주기 관점에서 이트륨 텅스텐 전극의 긴 수명 특성은 전극 교체 빈도를 줄여 자원 소비와 폐기물 발생을 줄입니다. 또한 텅스텐과 산화이트륨 모두 재활용이 가능하여 고온 용융 및 화학적 정제를 통해 90% 이상의 회수율을 달성하여 순환 경제의 요구 사항을 충족합니다.

3.5.3 이트륨 텅스텐 전극의 산업 보건 및 안전 사양

이트륨 텅스텐 전극의 산업 보건 및 안전 사양에는 주로 다음과 같은 측면이 포함됩니다.

작동 안전: 아크광으로 인한 눈과 피부의 손상을 방지하기 위해 용접 중에는 보호 안경과 장갑을 착용해야 합니다.

환기 요구 사항: 이트륨 텅스텐 전극은 무독성이지만 용접 과정에서 소량의 금속 증기가 생성될 수 있으므로 작업장의 환기가 잘 되는지 확인하십시오.

보관 및 운송: 전극은 습기나 기계적 손상을 방지하기 위해 건조하고 통풍이 잘되는 환경에 보관해야 합니다. 전극이 파손되는 것을 방지하기 위해 운송 중에 충격 방지 포장에 필요합니다.

폐기물 처리: 폐 전극은 무작위 폐기를 피하기 위해 분류하고 재활용해야 합니다.

3.6 중국 텅스텐 지능형 제조 이트륨 텅스텐 전극 MSDS

파트 1: 제품 이름

이름: 이트륨 텅스텐 전극(WY20)

CAS 번호:7440-33-7

파트 2: 구성/구성 정보

화학 성분: 텅스텐(W, 98%~99.5%), 산화이트륨(Y_2O_3 , 1.8%~2.2%), 미량 불순물(<0.1%).

물리적 상태: 단단한 막대 모양, 파란색 코팅 로고.

파트 3: 위험 개요

건강 위험: 이 제품은 눈과 피부에 자극을 주지 않습니다.

폭발 위험: 이 제품은 불연성 및 자극성이 없습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

파트 4: 응급처치 조치

피부 접촉: 오염된 옷을 벗고 흐르는 물로 다량의 양으로 행굽니다.
눈 접촉: 눈꺼풀을 들어 올리고 흐르는 물이나 식염수로 행굽니다. 치료.
흡입: 현장을 신선한 공기에 두십시오. 호흡이 어려우면 산소를 공급하십시오. 치료.
먹기: 구토를 유도할 수 있을 만큼 따뜻한 물을 충분히 마십니다. 치료.

파트 5: 화재 예방 조치

유해한 연소 생성물: 자연 분해 생성물은 알려져 있지 않습니다.
소화 방법: 소방관은 방독면과 전신 소방복을 착용하여 바람이 부는 방향으로 화재를 진압해야 합니다. 소화제: 마른 가죽 분말, 모래.

파트 6: 누출 응급 처리

응급 처리: 누출 오염 지역을 격리하고 접근을 제한합니다. 화원을 차단하십시오. 비상 대응 요원은 방진 마스크(전면 마스크)와 방향복을 착용하는 것이 좋습니다. 먼지를 피하고 조심스럽게 끌어내고 가방에 넣어 안전한 장소로 옮기십시오. 누출량이 많으면 비닐 시트나 캔버스로 덮으십시오. 폐기를 위해 폐기물을 수집하고 재활용하거나 폐기물 처리장으로 운반합니다.

파트 7: 작동, 폐기 및 보관

작동 시 주의사항: 작업자는 특별 교육을 받고 작동 절차를 엄격히 준수해야 합니다. 작업자는 자흡식 필터 방진 마스크, 화학 안전 보호 안경, 독성 방지 침투 작업복 및 고무 장갑을 착용하는 것이 좋습니다. 화기 및 열원에서 멀리 떨어진 작업장에서의 흡연은 엄격히 금지되어 있습니다. 방폭 환기 시스템 및 장비를 사용하십시오. 먼지를 피하십시오. 산화제 및 할로젠과의 접촉을 피하십시오. 취급 시 포장 및 용기의 손상을 방지하기 위해 가볍게 싣고 내야 합니다. 해당 종류와 수량의 소방 장비 및 누출 응급 처리 장비를 갖추고 있습니다. 빈 용기는 유해 물질을 남길 수 있습니다.

보관 주의사항: 서늘하고 통풍이 잘되는 창고에 보관하십시오. 화기와 열원을 멀리하십시오. 산화제 및 할로젠과 별도로 보관해야 하며 혼합해서는 안 됩니다. 해당 종류와 수량의 소방 장비를 갖추고 있습니다. 보관 장소에는 유출물을 막을 수 있는 적절한 재료가 갖추어져 있어야 합니다.

파트 VIII: 연락처 제어/개인 보호

중국 MAC(mg/m3): 6

구소련 MAC(mg/m3): 6

TLVTN:ACGIH 1mg/m3

TLVWN:ACGIH 3mg/m3

모니터링 방법: 티오시안화칼륨-염화티타늄 분광 발광계

엔지니어링 제어: 먼지가 없는 생산 공정 및 완전한 환기.

호흡기 보호: 공기 중의 먼지 농도가 기준을 초과하면 자흡식 필터 방진 마스크를 착용해야 합니다. 비상시 대피할 때는 공기 호흡기를 착용해야 합니다.

눈 보호: 화학 보안경을 착용하십시오.

신체 보호: 독극물 침투 방지 작업복을 착용하십시오.

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

손 보호: 고무 장갑을 착용하십시오.

파트 9: 물리적, 화학적 특성

주성분: 순수 제품

외관 및 특성: 고체, 금속성 밝은 흰색

녹는점(°C): N/A

끓는점(°C): N/A

상대 밀도(물=1): 13~18.5(20°C)

증기 밀도(공기=1): 데이터 없음

포화 증기압 (kPa): 데이터 없음

연소열(kJ/mol): 데이터 없음

임계 온도(°C): 데이터 없음

임계 압력(MPa): 데이터 없음

물 분배 계수의 로그 값: 데이터 없음

인화점(°C): 데이터 없음

발화 온도(°C): 데이터 없음

폭발 한계 % (V/V): 데이터 없음

폭발 하한 % (V/V): 데이터 없음

용해도: 질산과 불산에 용해됨

주요 용도 : 차폐 부품, 텅스텐 합금 닥트 샤프트, 텅스텐 합금 볼 등을 만드는 데 사용됩니다.

파트 10: 안정성 및 반응성

금지 성분: 강산 및 알칼리.

파트 XI:

급성 독성: 데이터 없음

LC50: 데이터 없음

파트 12: 생태 데이터

이 부분에 대한 데이터가 없습니다.

파트 13: 폐기물 처리

폐기물 자연폐기물 처리 방법: 폐기 전 관련 국가 및 지역 규정을 참조하십시오. 가능하면 재활용하십시오.

파트 14: 배송 정보

위험물 번호: 없음

포장 카테고리: Z01

운송 예방 조치: 포장에 완전해야 하며 적재가 안전해야 합니다. 운송 중에는 용기가 누출, 무너지거나 떨어지거나 손상되지 않았는지 확인하십시오. 산화제, 할로젠, 식용 화학 물질 등과 혼합 및 운송하는 것은 엄격히 금지되어 있습니다. 운송 중에는 햇빛 노출, 비 및 고온으로부터 보호해야 합니다. 차량은 운송 후 철저히 청소해야 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

파트 15: 규제 정보

규제 정보: 화학위험물 안전 관리 규정(1987 년 2 월 17 일 국무원 공포), 화학물질 위험물 안전 관리 규정 시행 규칙(화라오발[1992] 제 677 호), 작업장 내 화학물질 안전 사용 규정([1996] 노동부 발 제 423 호) 및 기타 규정, 화학 위험물의 안전한 사용, 생산, 보관, 운송, 적재 및 하역에 대한 해당 조항을 만듭니다. 작업장 공기 중 텅스텐에 대한 위생 표준(GB 16229-1996)은 작업장 공기 중 물질의 최대 허용 농도 및 검출 방법을 지정합니다.

파트 16: 공급업체 정보

공급업체: CTIA GROUP LTD

전화 : 0592-5129696/5129595



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

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com
Phone: +86 592 5129595; 592 5129696
Website: www.tungsten.com.cn

4 장 이트륨 텅스텐 전극의 제조 공정 및 기술

4.1 이트륨 텅스텐 전극 원료 준비

4.1.1 고순도 텅스텐 분말의 스크리닝 및 제조

이트륨 텅스텐 전극의 제조는 고순도 텅스텐 분말의 스크리닝 및 제조로 시작되며 텅스텐 분말의 품질은 전극의 물리적, 화학적 및 전기적 특성에 직접적인 영향을 미칩니다. 텅스텐 분말은 일반적으로 수소 환원 공정을 통해 암모늄 파라텅스텐산염(APT) 또는 삼산화텅스텐(WO_3)에서 제조됩니다. 이트륨 텅스텐 전극의 생산은 고온 아크 환경에서 전극의 안정성을 보장하기 위해 텅스텐 분말의 순도가 99.95% 이상에 도달해야 합니다. 불순물(예: 철, 니켈, 탄소 등)의 함량은 50ppm 미만으로 유지되어야 하며, 미량의 불순물이라도 용접 공정 중에 전극 소손이나 아크 드리프트를 유발할 수 있습니다.

텅스텐 분말의 입자 크기 분포는 스크리닝의 핵심 매개변수입니다. 텅스텐 분말의 이상적인 입자 크기 범위는 $1\sim 5\mu m$ 이며, 입자가 너무 크면 ($>10\mu m$) 소결 후 입자가 거칠어져 전극의 기계적 강도가 감소합니다. 입자가 너무 작을($<0.5\mu m$) 하면 소결이 어려워지고 전극의 밀도에 영향을 미칠 수 있습니다. 현대식 준비 공정은 기류 분류 기술을 사용하여 텅스텐 분말을 스크리닝하고 공기 흐름 속도와 스크린 크기를 정밀하게 제어하여 균일한 입자 크기의 텅스텐 분말을 분리합니다. 또한 텅스텐 분말의 형태도 최적화해야 하며, 구형 입자는 후속 혼합 및 소결 과정에서 유동성이 더 좋아 전극의 균일성을 향상시키는 데 도움이 되므로 구형에 가까운 입자가 선호됩니다.

텅스텐 분말의 제조 과정에는 일반적으로 다음 단계가 포함됩니다.

환원: APT 또는 WO_3 는 수소 분위기($600\sim 900^\circ C$)에서 두 번 환원되어 고순도 텅스텐 분말을 생성합니다.

체질: 진동 스크린 또는 기류 등급 장비를 통해 대상 입자 크기의 텅스텐 분말을 스크리닝합니다.

청소: 산세(물은 염산 또는 질산)는 표면 산화물과 불순물을 제거하는 데 사용됩니다.

건조: 텅스텐 분말의 산화를 방지하기 위해 진공 또는 불활성 가스 환경에서 저온($<200^\circ C$)에서 건조합니다.

4.1.2 산화이트륨의 정제 및 품질 관리

이트륨 산화물(Y_2O_3)은 이트륨 텅스텐 전극의 핵심 도핑 성분이며 순도와 품질은 전극의 전자 방출 성능과 고온 안정성에 직접적인 영향을 미칩니다. 산화 이트륨은 일반적으로 모나자이트나 플루오로세륨과 같은 이트륨 광석에서 추출되며 용매 추출 및 이온 교환 공정을 통해 99.99% 이상으로 정제됩니다. 정제 과정에서 불순물 원소(예: 칼슘, 규소, 철)의 함량을 엄격하게 제어해야 하며 전극 성능에 부정적인 영향을 미치지 않도록 총 대상 불순물을 $100ppm<$ 해야 합니다.

이트륨 산화물의 입자 크기 제어도 중요합니다. 산화이트륨 입자의 이상적인 크기는 $0.5\sim 2\mu m$ 이며, 입자가 너무 크면 도핑이 고르지 않게 되어 전극의 아크 안정성이

저작권 및 법적 책임 선언문

감소합니다. 너무 작은($<0.1\mu\text{m}$) 입자는 소결 과정에서 뭉쳐 전극의 미세 구조에 영향을 미칠 수 있습니다. 현대 공정에서는 분무 건조 기술을 사용하여 산화 이트륨 입자를 준비하고 분무 속도와 건조 온도를 제어하여 균일성과 유동성을 보장합니다.

품질 관리 조치에는 다음이 포함됩니다.

화학 분석: 유도 결합 플라즈마 방출 분광법(ICP-OES)을 사용하여 산화이트륨의 순도와 불순물 함량을 검출했습니다.

입자 크기 분석: 레이저 입자 크기 분석기를 사용하여 입자 분포를 측정하여 목표 범위를 준수하는지 확인합니다.

형태 검사: 산화이트륨 입자의 형태는 주사 전자 현미경(SEM)으로 관찰되며 구형에 가까운 입자를 선호합니다.

4.1.3 보조 첨가제의 선택 및 최적화

이트륨 텅스텐 전극의 제조에서 보조 첨가제는 분말의 유동성, 소결 특성 또는 전극의 기계적 특성을 개선하는 데 사용됩니다. 일반적으로 사용되는 첨가제는 다음과 같습니다.

바인더: 폴리비닐알코올(PVA) 또는 폴리에틸렌글리콜(PEG)과 같이 분말의 성형 성능을 향상시키는 데 사용되며 일반적으로 0.1%~0.5%가 첨가됩니다.

분산제: 산화이트륨 입자의 응집을 방지하는 데 사용되는 폴리아크릴산암모늄(PAA)과 같이 첨가량은 약 0.05%~0.2%입니다.

소결 보조제: 소량의 산화란탄(La_2O_3) 또는 산화세륨(CeO_2)과 같이 소결 온도를 낮추고 전극 밀도를 높이는 데 사용되며 첨가량은 0.1% 미만입니다.

첨가제를 선택할 때는 전극의 전기적 특성에 영향을 미치는 잔류물을 방지하기 위해 고온 소결 공정 중 휘발성을 고려해야 합니다. 예를 들어, PVA는 전극에 잔류 유기물 없이 600~800°C에서 완전히 분해될 수 있습니다. 첨가제 비율을 최적화하기 위한 실험은 일반적으로 전극 밀도, 경도 및 아크 성능에 대한 첨가제의 영향을 종합적으로 평가하기 위해 직교 설계를 통해 수행됩니다.

4.2 이트륨 텅스텐 전극의 분말 야금 공정

4.2.1 이트륨 텅스텐 분말의 혼합 및 도핑 기술

이트륨 텅스텐 분말의 혼합 및 도핑은 균질한 전극 제조의 핵심 단계입니다. 산화 이트륨은 전극의 아크 안정성과 기계적 특성을 보장하기 위해 텅스텐 매트릭스에 고르게 분포되어야 합니다. 일반적으로 사용되는 도핑 기술은 다음과 같습니다.

습식 도핑: 산화 이트륨 수용액, 일반적으로 질산 이트륨을 텅스텐 분말 또는 삼산화 텅스텐 원료에 분사하여 교반 및 초음파 분산을 통해 균일한 혼합을 보장합니다. 이어서, 텅스텐 이트륨 복합 분말을 분무 건조에 의해 형성하고 입자 크기를 2~5 μm 로 제어했습니다.

건식 도핑: 산화이트륨 분말을 텅스텐 분말과 직접 혼합하고 고에너지 볼 밀링 장비를 사용하여 기계적 합금화를 수행합니다. 볼 밀링 공정에서는 너무 미세한 입자나 오염을 방지하기 위해 속도(200~400rpm)와 시간(48 시간)을 제어해야 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

플라즈마 스프레이 도핑: 플라즈마 스프레이 기술은 텅스텐 분말 표면에 산화 이트륨 입자를 분사하여 코팅 구조를 형성하는 데 사용됩니다. 이 방법은 산화이트륨 함량(>2.5%)이 높은 전극 제조에 적합합니다.

산화이트륨의 분포 균일성은 도핑 과정에서 엄격하게 제어되어야 합니다. 최신 공정은 X 선 형광 분광법(XRF) 또는 에너지 분산 분광법(EDS)을 통해 도핑된 분말의 원소 분포를 분석하여 산화 이트륨의 질량 분을 편차가 $0.1\% \leq \pm$ 확인합니다.

4.2.2 고압 성형 및 등방성 프레스 공정

이트륨 텅스텐 분말을 혼합한 후 고압 성형으로 전극 블랭크로 만들어야 합니다. 일반적인 고압 성형 방법은 다음과 같습니다.

압축 성형: 도핑된 분말을 금형에 넣고 50~100MPa의 압력으로 블랭크 스트립으로 압착합니다. 압축 성형은 소량 생산에 적합하지만 블랭크의 내부 밀도 분포가 고르지 않을 수 있습니다.

냉간 등방성 프레스(CIP): 분말을 유연한 금형에 넣고 액체 매체에 200~300MPa의 균일한 압력을 가합니다. CIP 공정은 빌렛의 밀도(이론 밀도의 최대 60%~70%)를 크게 증가시키고 내부 다공성을 줄여 고성능 전극 생산에 적합합니다.

등방성 프레스 공정의 장점은 압력이 균일하여 빌렛 바의 응력 집중을 방지한다는 것입니다. 공정 매개변수(예: 압력, 유지 시간)는 분말 입자 크기 및 첨가제 비율에 따라 최적화되어야 하며 일반적으로 빌렛의 형상 안정성과 강도를 보장하기 위해 유지 시간은 30~60 초입니다.

4.2.3 고온 소결 및 대기 제어(수소, 진공 소결)

고온 소결은 전극의 밀도와 기계적 특성을 향상시키는 것을 목표로 하는 이트륨 텅스텐 전극 제조의 핵심 단계입니다. 소결은 일반적으로 수소 또는 진공 분위기에서 수행되며, 공정 파라미터는 다음과 같습니다:

수소 소결: 1800~2200°C의 수소 분위기에서 수소는 텅스텐 분말의 산화를 방지하는 동시에 산화 이트륨 입자의 균일한 분포를 촉진합니다. 소결 시간은 24시간이며 가열 속도는 입자의 급속한 성장을 방지하기 위해 5~10°C/min으로 제어됩니다.

진공 소결: 10^{-3} ~ 10^{-5} Pa의 진공 환경에서 수행되며 소결 온도는 2000~2400°C입니다. 진공 소결은 가스 불순물의 흡착을 줄일 수 있으며 고순도 전극 제조에 적합합니다.

소결 공정 중에는 전극 표면에 산화 또는 WO_3 휘발성 물질이 형성되는 것을 방지하기 위해 대기 순도(산소 함량 < 10ppm)를 엄격하게 제어해야 합니다. 소결 후 전극 밀도는 이론 밀도의 98% 이상에 도달할 수 있으며 입자 크기는 전극의 기계적 강도와 아크 안정성을 보장하기 위해 5~10 μ m로 제어됩니다.

4.3 이트륨 텅스텐 전극의 가공 및 마무리

이트륨 텅스텐 전극의 가공 및 마감은 소결 블랭크를 표준 사양(ISO 6848, GB/T 4192)을 충족하는 전극 막대로 변환하는 핵심 단계로, 열간 캘린더링, 정밀 드로잉,

저작권 및 법적 책임 선언문

표면 연마, 팁 성형 및 맞춤형 절단과 같은 공정을 포함합니다. 이러한 공정은 전극의 치수 정확도, 표면 품질 및 아크 성능에 직접적인 영향을 미칩니다.

4.3.1 핫 캘린더링 및 정밀 도면

핫 캘린더링 공정: 핫 캘린더링은 소결된 이트륨 텅스텐 빌렛 스트립(직경 10~20mm, 길이 100~300mm)을 더 작은 직경(3~5mm) 막대로 가공하는 핵심 공정입니다. 핫 캘린더링은 텅스텐의 경도 및 연성 요구 사항을 줄이기 위해 고온 환경에서 수행되어 균일한 변형과 블랭크에 균열이 없음을 보장합니다.

프로세스 매개변수:

온도: 1400~1600°C, 텅스텐의 재결정 온도(>2000°C)보다 낮아 과도한 입자를 방지합니다.

롤링 패스: 5~10 패스, 각 패스의 직경은 0.51mm 감소하고 누적 변형은 70%~80%입니다.

롤 재질: 텅스텐-몰리브덴 합금 또는 세라믹 복합재, 고온(> 1500°C)에 강하고 마모에 강합니다.

보호 분위기: 아르곤 또는 질소 가스(유량 10~15L/min, 산소 함량 < 10ppm)로 텅스텐 표면의 산화를 방지하여 WO₃ 휘발성 물질을 형성합니다.

가열 속도: 열 응력으로 인한 미세 균열을 피하기 위해 5~10°C/min.

설비:

고온 고온 캘린더: 적외선 온도계(정확도 ±2°C) 및 대기 제어 시스템을 갖추고 있어 온도 및 산화 제어를 보장합니다.

멀티 롤 밀: 4 롤 또는 6 롤 설계, 압연력 100~200kN, 정확도 ±0.1mm.

품질 요구 사항:

표면 거칠기 Ra<1.0 μm, 눈에 보이는 긁힘이나 산화물 층이 없습니다.

직경 공차±0.1mm, 진원도 편차<0.05mm.

과제 및 최적화:

과제: 고온에서 텅스텐의 취성은 균열을 일으킬 수 있으므로 온도와 변형률을 정밀하게 제어해야 합니다.

최적화: 다단계 프로그래시브 롤링이 채택되고 변형량은 패스당 15%<이며 내부 균열은 온라인 초음파 감지기(주파수 5~10MHz)를 사용하여 모니터링됩니다.

정밀 드로잉 공정: 정밀 드로잉은 고정밀 용접 요구 사항(예: 마이크로 용접, 항공우주)을 충족하기 위해 핫 캘린더 바를 목표 직경(0.5~4.8mm)으로 추가로 가공합니다. 드로잉 공정은 전극 표면이 매끄럽고 치수가 정확하며 내부 응력이 없도록 합니다.

프로세스 매개변수:

드로잉 금형: 다이아몬드 금형(구멍 직경 정확도 ± 0.01mm), 내마모성 및 매끄러운 표면.

저작권 및 법적 책임 선언문

당김 속도: 0.5~2m/min, 속도가 너무 빠르면 표면 긁힘이 발생할 수 있고 속도가 너무 낮으면 효율성이 떨어집니다.

윤활제: 흑연 에멀전(점도 0.1~0.3 Pa·s) 또는 몰리브덴 기반 윤활제(MoS₂)를 사용하여 마찰 계수(<0.1)를 감소시킵니다.

드로잉 패스: 10~15 패스, 각 패스의 직경은 0.1~0.3mm 감소하고 누적 변형은 > 90%입니다.

장력 제어: 당기는 힘(10~50kN)은 치수 일관성을 보장하기 위해 서보 모터에 의해 제어됩니다.

설비:

정밀 드로잉 머신: 장력 센서(정확도±0.1kN) 및 레이저 직경 게이지(정확도±0.005mm)가 장착되어 있습니다.

윤활 시스템: 윤활유 자동 분사, 금형 과열을 방지하기 위해 유량 0.1~0.5 L/min.

품질 요구 사항:

직경 공차±0.05mm, 표면 거칠기 Ra<0.4μm.

표면 긁힘, 균열 또는 잔류 응력이 없으며 내부 결함률<0.5%입니다.

과제 및 최적화:

과제: 다이아몬드 몰드의 마모로 인한 치수 편차로 인해 정기적으로 교체해야 합니다(100,000 미터마다 그려짐).

최적화: 치수 및 내부 결함을 실시간으로 모니터링하기 위해 온라인 레이저 직경 게이지 및 X 선 단층 촬영(XCT, 해상도 < 1μm)을 도입합니다.

개발 동향:

고온 플라즈마 보조 압연 기술을 개발하여 압연 온도(1200~1400°C)를 낮추고 에너지 소비를 20%~30% 절감합니다.

나노 코팅 금형(예: TiN 또는 CrN)을 사용하여 금형 수명을 50% 연장하고 도면 정확도를 향상시킵니다.

4.3.2 표면 연마 및 팁 성형

표면 연마 공정: 표면 연마는 이트륨 텅스텐 전극의 아크 안정성과 수명을 향상시키는 데 중요한 단계입니다. 매끄러운 표면(Ra<0.4μm)은 아크 드리프트(목표<5%) 및 팁 번아웃(<0.2mg/min)을 줄이고 표면 결함으로 인한 아크 불안정성을 줄입니다.

기계적 연마:

프로세스: 다이아몬드 연삭 휠(입자 크기 2000~3000 메쉬) 또는 알루미나 연마 벨트를 사용하여 연마 속도 13m/min 을 사용합니다.

장비: 자동 공급 시스템(정확도 ± 0.01mm) 및 냉각수 순환 장치(유량 5~10L/min)가 장착된 CNC 연마기.

품질 요구 사항: 표면 거칠기 Ra<0.4 μm, 긁힘이나 미세 균열 없음.

장점: 대량 생산 및 저렴한 비용에 적합합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

단점: 미량의 연마 잔류물이 유입될 수 있으며 나중에 청소해야 합니다.

전기화학적 연마:

공정: 황산-인산 혼합 전해질(비율 1:1, 농도 10% 20%), 전압 515V, 전류 밀도 $0.52\text{A}/\text{cm}^2$, 연마 시간 1030 초.

장비: 정전류 전원 공급 장치(정확도 $\pm 0.1\text{V}$) 및 교반 시스템(속도 100~200rpm)을 갖춘 전기화학 연마기.

품질 요구 사항: 표면 거칠기 $Ra < 0.2\text{ }\mu\text{m}$, 산화물 층 또는 부식 구덩이 없음.

장점: 높은 표면 마감, 고정밀 납땜(예: 반도체)에 적합합니다.

단점: 전해질 처리 및 환경 보호 조치의 높은 비용.

품질 관리:

거칠기는 레이저 표면 스캐너(해상도 $< 0.01\text{ }\mu\text{m}$)를 사용하여 감지되었습니다.

광학 현미경(배율 100~500×)은 표면 결함을 검사하여 긁힘이나 산화 흔적이 없는지 확인합니다.

팁 성형 공정: 팁 성형은 정밀 연삭을 통해 특정 각도($15^\circ\sim 60^\circ$)와 반경($0.1\sim 0.5\text{mm}$)의 팁을 생성하여 아크 농도와 아크 성능을 최적화합니다. 다양한 용접 공정에는 팁 모양에 대한 특정 요구 사항이 있습니다.

프로세스 매개변수:

각도 선택:

$15^\circ\sim 30^\circ$: 마이크로 용접(전류 5~50A), 아크 농도, 열 영향부 $< 0.1\text{mm}$ 에 적합합니다.

$30^\circ\sim 45^\circ$: 아크 안정성과 수명의 균형을 맞추기 위한 일반 TIG 용접(전류 50~200A).

$45^\circ\sim 60^\circ$: 플라즈마 아크 용접(전류 $> 200\text{A}$), 딥 멜팅 및 고온 환경에 적합합니다.

팁 반경: $0.1\sim 0.2\text{mm}$ (마이크로 용접), $0.3\sim 0.5\text{mm}$ (고전류 용접).

연삭 장비: 다이아몬드 연삭 휠(입자 크기 3000 메쉬), 회전 속도 1000~5000rpm 이 장착된 CNC 연삭기.

설비:

CNC 그라인더: 다축 제어(정확도 $\pm 0.01^\circ$), 프로그래밍 가능한 팁 모양을 지원합니다.

냉각 시스템: 팁 과열을 방지하기 위해 수성 냉각수(유량 5~10L/min)를 사용하십시오.

품질 요구 사항:

팁 각도 편차는 $< \pm 1^\circ$ 이고 반경 편차는 $< \pm 0.02\text{mm}$ 입니다.

버나 미세 균열이 없으며 표면 거칠기 $Ra < 0.2\text{ }\mu\text{m}$ 입니다.

과제 및 최적화:

과제: 팁 연삭 일관성을 보장하기 어렵고 수동 조작으로 인해 쉽게 편차가 발생할 수 있습니다.

최적화: 팁 모양을 자동으로 감지하는 시각적 인식 시스템(해상도 $< 0.01\text{mm}$) 도입; 일관된 연삭 각도를 보장하기 위해 특수 고정 장치를 개발합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

개발 동향:

레이저 연마 기술: 펄스 레이저(출력 1~5kW)를 사용하여 전극 표면을 연마하고 거칠기 $Ra < 0.1\mu m$, 화학 폐액 없음.

지능형 연삭 시스템: AI 알고리즘을 결합하여 팁 각도와 반경을 최적화하고 다양한 용접 시나리오에 적응하고 일관성을 $> 95\%$ 까지 향상시킵니다.

4.3.3 전극 절단 및 맞춤형 가공

전극 절단 공정: 전극 절단은 수동 또는 자동 용접 요구 사항을 충족하기 위해 긴 막대를 표준 길이(50~175mm)로 절단합니다. 절개 부위가 평평하고 버가 없는지 확인하고 열 응력으로 인한 미세 균열을 방지하기 위해 절단합니다.

다이아몬드 커팅 휠:

프로세스: 다이아몬드 절단 휠(입자 크기 500~1000 메쉬), 회전 속도 2000~5000rpm, 절단 속도 0.1~0.5m/min 을 사용합니다.

장비: 냉각수 주입 시스템(유량 10~20L/min)이 장착된 CNC 절단기.

품질 요구 사항: 절개 평탄도 $< 0.05mm$, 미세 균열 또는 열 영향부 없음.

장점: 대량 생산 및 저렴한 비용에 적합합니다.

단점: 절단 휠이 마모되어 정기적으로 교체해야 합니다.

레이저 절단 기술:

프로세스: 절단 속도가 0.52m/min 이고 초점 직경이 0.1mm 인 파이버 레이저(출력 13kW)를 사용합니다.

장비: 불활성 가스 보호 기능이 있는 레이저 절단기(아르곤, 유량 10~15L/min).

품질 요구 사항: 절단 정확도 $\pm 0.1mm$, 열 응력 균열 없음.

장점: 비표준 길이 절단에 적합한 고정밀.

단점: 높은 장비 비용.

품질 관리:

절개 품질은 광학 현미경(50× 배율)을 사용하여 확인되었습니다.

초음파 감지기(주파수 5~20MHz)는 내부 미세 균열(길이 $< 0.1mm$)을 감지합니다.

맞춤형 가공: 맞춤형 가공은 특수 형상 전극(곡선, 테이퍼형, 다중 팁) 또는 비표준 크기 전극과 같은 특수 용접 요구 사항을 충족합니다.

응용 시나리오:

굽힘 전극: 곡률 반경 5~10mm, 복잡한 용접(예: 항공우주 부품)에 적합합니다.

원추형 전극: 팁 각도 $60^\circ \sim 90^\circ$, 플라즈마 아크 적층 제조에 사용, 적층 정확도 $\pm 0.05mm$.

다중 팁 전극: 0.5~2mm 팁 간격으로 배터리 조립을 위한 다점 용접에 적합합니다.

직업:

CNC 선반: $0.05mm \pm$ 정확도로 곡선 또는 테이퍼 전극을 가공합니다.

방전 가공(EDM): 전극 간격이 $0.01mm <$ 복잡한 형상을 만듭니다.

3D 프린팅 지원: 특수 형상 전극의 성능을 신속하게 검증하기 위해 프로토타이핑에

저작권 및 법적 책임 선언문

사용됩니다.

품질 요구 사항:

치수 공차 $\pm 0.05\text{mm}$, 표면 거칠기 $Ra < 0.4\mu\text{m}$.

내부 결함 없음, 기계적 강도 $> 1000\text{MPa}$.

과제 및 최적화:

과제: 긴 맞춤형 처리 주기(2~5 일)와 높은 비용(약 30% 높음).

최적화: 모듈식 설계를 도입하고, 범용 고정 장치를 개발하고, 생산 주기를 50% 단축합니다.

개발 동향:

초단파 레이저 절단(펄스 폭 $< 10\text{ps}$)은 절개 부위 $0.01\text{mm} <$ 열 영향부로 개발되었습니다.

특수 형상의 전극은 레이저 용융 증착과 같은 적층 제조 기술을 사용하여 직접 형성되어 가공 단계를 줄입니다.

4.4 이트륨 텅스텐 전극의 품질 관리 기술

품질 관리 기술은 이트륨 텅스텐 전극의 화학 성분, 미세 구조 및 성능이 산화 이트륨 분포, 미세 구조 분석 및 공정 최적화를 포괄하는 표준(ISO 6848, GB/T 4192)을 충족하도록 보장합니다.

4.4.1 이트륨 산화물 분포 균일성 제어

중요성: 이트륨 산화물(Y_2O_3)의 균일한 분포는 전극의 아크 안정성(드리프트율 $< 5\%$)과 소손률($< 0.2\text{mg/min}$)에 직접적인 영향을 미칩니다. 고르지 않은 분포는 국부적인 핫스팟으로 이어져 수명을 단축시킬 수 있습니다.

제어 방법:

화학 분석:

XRF: X 선 형광 분광기는 전극 단면에서 산화이트륨 함량을 $\pm 0.05\%$ 의 정확도와 < 1 분의 분석 시간으로 검출합니다.

ICP-OES: 검출 한계 $< 1\text{ppb}$, 정확도 $0.01\% \pm$ 유도 결합 플라즈마 분광계로 고정밀 실험실 분석에 적합합니다.

공정: Y_2O_3 함량 편차가 $0.1\% < \pm$ 확인하기 위해 5~10 개 지점(중앙, 가장자리)을 샘플링합니다.

현미경 관찰:

SEM-EDS: 이트륨 산화물 입자의 분포를 분석하기 위해 분해능 $1\mu\text{m}$ 의 에너지 분산 분광법과 결합된 주사 전자 현미경(표적에 응집 없음, 응집 영역에서 $< 5\%$).

EPMA: 전자 프로브 미세 분석, 검출 깊이 $5\sim 10\mu\text{m}$, 정확도 $\pm 0.01\%$, 3 차원 분포 분석에 적합합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

프로세스 최적화:

스프레이 도핑: 균일한 도핑을 보장하기 위해 스프레이 속도(0.1~0.5L/min)와 용액 농도(Y_2O_3 5%~10%)를 제어합니다.

고에너지 볼 밀: 1000~2000rpm, 시간 48 시간, 지르코니아 비드(직경 0.1~0.5mm)로 입자 응집을 줄입니다.

소결 매개변수: 온도 2200~2400°C, 24 시간 보온, 대기 산소 함량 <10ppm.

품질 요구 사항:

Y_2O_3 함량은 1.8%~2.2%이며 편차는 $\pm 0.1\%$ 입니다. 뚜렷한 응집은 없었고 입자 크기는 1~2 μm 였으며 분포 균일성은 95%였습니다.

과제 및 최적화:

과제: 고르지 않은 도핑은 국소 성능 저하와 높은 검출 비용으로 이어집니다.

최적화: 도핑 균일성을 실시간으로 모니터링하기 위한 온라인 XRF 검출 시스템을 도입합니다. 도핑 결함을 예측하고 공정 매개변수를 조정하는 AI 알고리즘을 개발합니다.

4.4.2 미세구조분석(SEM, EDS, XRD)

중요성: 미세 구조(예: 입자 크기, 다공성, 상 조성)는 전극의 기계적 강도와 전기적 특성을 결정합니다. 분석 기술은 결함 및 유해한 단계(예: WO_3)가 없음을 보장합니다.

분석 방법:

없이:

기능: 전극 단면의 입자 크기(목표 5~10 μm)와 다공성(<1%)을 관찰합니다.

장치: 해상도 1nm<, 배율 1000~5000 $\times$ 의 전계 방출 SEM.

공정: 샘플 연마, 에칭(HF 용액, 농도 5%), 입자 경계 및 기공 관찰.

EDS:

기능: 산화 이트륨 및 불순물 원소(Fe, Si, C) 분포를 0.05%± 정확도로 분석합니다.

절차: 전극의 중앙과 가장자리를 스캔하여 Y_2O_3 균일성과 불순물 함량(<50ppm)을 확인합니다.

XRD:

기능: WO_3 또는 기타 산화상이 없는지 확인하기 위해 상 조성을 감지합니다.

장치: Cu K α 광선, 스캐닝 각도 10~90°, 해상도 $\pm 0.01^\circ$.

공정: 텅스텐 매트릭스(bcc 구조) 및 Y_2O_3 (입방 구조) 피크를 분석하여 상 순도가 99%> 확인되었습니다.

품질 요구 사항:

입자 크기는 5~10 μm 이고 다공성은 <1%입니다.

불순물 함량은 50ppm <이었고 WO_3 상은 없었습니다.

산화이트륨 입자는 고르게 분포되어 있었고 비응집 면적은 >5%였습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

과제 및 최적화:

과제: SEM/EDS 분석은 시간이 오래 걸리며(샘플당 30~60 분) 배치 테스트에는 적합하지 않습니다.

최적화: 고처리량 SEM(다중 샘플 자동 분석) 및 온라인 XRD 시스템을 도입하여 검출 시간을 50% 단축합니다.

4.4.3 공정 매개변수 최적화 및 결함 방지

프로세스 최적화:

직교 실험: 다단계 실험(도핑 비율, 소결 온도, 드로잉 속도)은 성능 지표(예: 소진율<0.2mg/min))를 최적화하도록 설계되었습니다.

반응면 분석: 공정 매개변수가 입자 크기 및 균일성에 미치는 영향을 예측하기 위한 수학적 모델을 구축하고 최적화율> 90%입니다.

주요 매개변수:

도핑 비율: Y_2O_3 1.8%-2.2%, 허용 오차 $\leq \pm 0.1\%$.

등방성 압력: 250-300MPa, 빌렛 밀도 >70%.

소결 온도: 2200-2400°C, 가열 속도 510°C/min.

드로잉 속도: 0.52m/min, 장력 10-50kN.

결함 방지:

기공: 진공 소결로($10^{-3} \sim 10^{-5}$ Pa)를 사용하여 등정압(>250MPa)과 소결 온도(>2200°C)를 높입니다.

균열: 가열/냉각 속도(<10°C/min)를 제어하고 구배 냉각(100~200°C/h)을 사용합니다.

고르지 않은 도핑: 다단계 스프레이 도핑(노즐 압력 13MPa)으로 고에너지 볼 밀링 시간 연장(68 시간).

감지:

X 선 단층촬영(XCT, 해상도 < 1 μ m)은 기공과 균열을 감지합니다.

초음파 검사(주파수 5~20MHz)로 내부 결함을 신속하게 선별합니다.

개발 동향:

가공 공정을 시뮬레이션하고 불량률(<0.5%)을 예측하는 디지털 트윈 기술을 개발합니다.

공정 매개변수를 최적화하고 결함률을 <0.1%로 줄이기 위해 기계 학습이 도입되었습니다.

4.5 이트륨 텅스텐 전극의 첨단 제조 기술

첨단 제조 기술은 나노 규모 도핑, SPS 소결 및 지능형 제조를 도입하여 이트륨 텅스텐 전극의 성능과 생산 효율성을 향상시킵니다.

4.5.1 나노 규모의 산화 이트륨 도핑 기술

기술 개요: 나노 규모의 산화 이트륨 도핑(입자 크기 10~100nm)을 고에너지 볼 밀링 또는 줄-겔 방법으로 제조하여 전극 성능을 크게 향상시켰습니다.

준비 과정:

고에너지 불 밀 : 회전 속도 1000 ~ 2000 rpm, 지르코니아 비드 (직경 0.1 ~ 0.5 mm), 분쇄 시간 4 ~ 6 시간, 응집을 방지하기 위한 물 또는 에탄올 매체.

졸-겔 방법: 질산이트륨 용액(농도 5%~10%)을 텅스텐 분말과 혼합하고 분무 건조(온도 200~300°C)하여 나노입자를 형성합니다.

성능 향상:

재결정 온도: >2100°C, 크리프 저항이 30% 증가했습니다.

아크 안정성: 드리프트율 <3%, 아크 시동 전압 <12V.

번인 속도: <0.1 mg/min, 수명 20%~30% 연장.

응용 전망:

원자력 산업 원자로 부품과 같은 초고전류 용접(>400A).

미세 용접(용접점 <0.2mm), 반도체 칩 패키지와 같다.

과제 및 최적화:

과제: 나노입자는 응집하기 쉬워 도핑 비용이 10%~15% 증가합니다.

최적화: 입자 분산을 > 95%까지 향상시키기 위해 초음파 분산 장치(주파수 20~40kHz)를 개발했습니다.

4.5.2 방전 플라즈마 소결(SPS) 공정

기술 개요: SPS 는 기존 소결(2200~2400°C)보다 낮은 1800~2000°C 의 온도에서 펄스 전류(1000~5000A)와 압력(50~100MPa)으로 5~10 분 만에 소결을 완료합니다.

프로세스 이점:

고밀도: >99%, 다공성 <0.5%.

미세입자: 3~5μm, 기계적 강도 > 1200MPa.

에너지 절약 및 환경 보호: 에너지 소비를 30%~40% 줄이고 소결 시간을 80% 단축합니다.

설비:

SPS 소결로: 흑연 금형(내열>2000°C) 및 진공 시스템(10⁻³ Pa)이 장착되어 있습니다.

온도 제어: 적외선 온도계(정확도 ±2°C), 전류 제어 정확도 ±1A.

적용하다:

고성능 전극: 400A> 전류로 용접된 항공우주 터빈 블레이드.

마이크로 전극: 반도체 마이크로 납땜, 직경 0.3~0.8mm.

과제 및 최적화:

과제: SPS 장비의 높은 비용.

최적화: 모듈형 SPS 시스템 개발로 장비 비용을 20% 절감합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

4.5.3 지능형 제조 및 실시간 모니터링 기술

기술 개요: 스마트 제조는 센서, 사물 인터넷(IoT) 및 기계 학습을 통해 생산 프로세스를 최적화하여 효율성과 일관성을 향상시킵니다.

실시간 모니터링:

적외선 온도계(정확도 $\pm 1^{\circ}\text{C}$): 소결 온도($1800\sim 2400^{\circ}\text{C}$)를 모니터링합니다.

가스 분석기(검출 한계 $< 1\text{ppm}$): 대기 중 산소 함량을 $10\text{ppm}<$ 제어합니다.

온라인 XRF: $0.05\%\pm$ 정확도로 산화이트륨 함량을 검출합니다.

기계 학습:

공정 매개변수(도핑, 소결, 드로잉) 데이터베이스를 구축하고 성능 지표(예: 소결율, 입자 크기)를 예측합니다.

AI 알고리즘을 사용하여 매개변수를 최적화하여 불량률을 $< 0.5\%$ 로 줄였습니다.

자동화된 생산 라인:

6 축 로봇(하중 $5\sim 20\text{kg}$, 위치 정확도 $\pm 0.1\text{mm}$): 분말 적재 및 하역, 블랭크 취급 및 전극 포장용.

CNC 가공 장비: 드로잉, 연삭 및 절단, 효율성이 50% 증가합니다.

적용하다:

대량 생산: 하루 5000~10000 개의 전극, 불량률 $< 1\%$.

고정밀 맞춤화: 특수 형상 전극 생산, 사이클 30% 단축.

개발 동향:

디지털 트윈 플랫폼을 개발하여 생산 공정을 실시간으로 시뮬레이션하고 결함을 예측합니다.

원자재 및 전극 생산의 전체 과정을 추적하여 추적성을 보장하기 위해 블록체인 기술이 도입되었습니다.



5 장 이트륨 텅스텐 전극의 응용 분야

5.1 이트륨 텅스텐 전극의 용접 응용

5.1.1 초합금에 TIG 용접(아르곤 아크 용접)의 적용

텅스텐 아르곤 아크 용접 (TIG 용접)은 특히 초합금 용접에 이트륨 텅스텐 전극 (WY20)의 가장 널리 사용되는 분야 중 하나입니다. 니켈 기반 합금(인코넬, 하스텔로이) 및 코발트 기반 합금과 같은 초합금은 고온, 부식 및 피로에 대한 저항성이 뛰어나 항공우주, 에너지 및 화학 산업에서 널리 사용됩니다. 그러나 이러한 합금의 높은 용점(1300~1500°C)과 복잡한 구성으로 인해 용접 공정에 대한 요구가 매우 높습니다. 이트륨 텅스텐 전극은 낮은 전자 탈출 작업(약 2.5~2.7eV), 우수한 아크 안정성 및 낮은 변인 속도로 인해 TIG 용접 초합금에 이상적입니다.

TIG 용접에서 이트륨 텅스텐 전극은 아르곤 또는 헬륨 보호를 통해 고온 아크(약 6000~7000°C)를 생성하여 공작물과 충전재를 녹여 고품질 용접을 형성합니다. 가늘고 압축된 아크 컬럼은 용융 풀 모양을 정밀하게 제어할 수 있어 열 영향 영역(HAZ)을 줄여 용접 균열 및 다공성의 위험을 줄입니다. 이트륨 텅스텐 전극은 일반적으로 50~300A의 전류 범위에서 직류 양극성(DCEN) 조건에서 특히 두드러지며 두께가 0.5mm에서 20mm 범위인 합금 판에 적합합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

특정 응용 분야는 다음과 같습니다.

항공 엔진 부품: 니켈 기반 합금 터빈 디스크 및 블레이드의 용접으로 용접의 고강도 및 고온 저항이 필요합니다. 이트륨 텅스텐 전극의 낮은 소손률(약 0.1~0.2mg/min)은 장기간 용접 시 전극 안정성을 보장합니다.

가스 터빈: 초합금 연소실의 용접에는 깊은 용융과 균일한 용접이 필요하며, 이트륨 텅스텐 전극의 높은 아크 안정성(드리프트 속도 <5%)은 이러한 요구를 충족시킵니다.

화학 장비: 하스텔로이 합금 파이프의 용접, 이트륨 텅스텐 전극의 내식성은 산성 환경에서 용접의 장기적인 안정성을 보장합니다.

이트륨 텅스텐 전극은 우수한 아크 성능과 낮은 아크 전압(약 10~15V)을 가지고 있어 펄스 TIG 용접에서 빠른 점화 및 소화를 달성할 수 있어 고정밀 및 자동화 용접 시나리오에 적합합니다. 또한 비방사성 특성으로 인해 토륨 텅스텐 전극에 대한 친환경적인 대안이 되어 항공우주 산업의 안전 표준을 충족합니다.

5.1.2 플라즈마 아크 용접의 고정밀 응용

플라즈마 아크 용접(PAW)은 최대 20,000°C 의 아크 온도를 가진 고에너지 밀도 용접 공정으로 고정밀 및 딥 펄스 용접에 적합합니다. 플라즈마 아크 용접에 이트륨 텅스텐 전극을 적용하면 고온 저항 및 고전류 지지력(100~500A)의 이점을 누릴 수 있습니다. 플라즈마 아크 용접은 최대 10~15mm 의 침투 깊이, 작은 열 영향부 및 높은 용접 품질로 아크(노즐에 의해 제한됨)를 압축하여 더 높은 에너지 집중을 달성합니다.

플라즈마 아크 용접에서 이트륨 텅스텐 전극의 장점은 다음과 같습니다.

아크 농도: 낮은 탈출 작업과 산화 이트륨의 균일한 분포로 인해 아크 컬럼이 가늘고 안정적이며 두께가 10mm> 플레이트 용접에 적합합니다.

낮은 소진율: 높은 전류 밀도(>300A/mm²)에서 이트륨 텅스텐 전극의 소진율은 0.15~0.25mg/min 에 불과하여 전극 수명을 연장합니다.

재료 적응성: 스테인리스강, 티타늄 합금, 니켈 기반 합금 및 지르코늄 합금 용접에 적합합니다.

일반적인 응용 분야는 다음과 같습니다.

압력 용기: 원자력 장비에서 스테인리스강 및 지르코늄 합금 용기를 용접하려면 용접부에 다공성과 슬래그 개재물이 없어야 합니다.

조선: 고강도 강판과 니켈 기반 합금 데크의 깊은 용접과 이트륨 텅스텐 전극의 높은 아크 안정성은 용접 일관성을 보장합니다.

의료 기기: 스테인레스 스틸 수술 기구의 정밀 용접 및 이트륨 텅스텐 전극의 미세 아크(팁 반경 0.1~0.5mm)는 작은 용접 조인트의 요구를 충족시킵니다.

플라즈마 아크 용접에는 일반적으로 이트륨 텅스텐 전극이 과열되지 않도록 보호하기 위해 수냉식 또는 가스 냉각식 용접 토치가 필요합니다. 또한 최신 공정에는 전류와 가스 흐름을 정밀하게 조절하여 용접 정확도를 더욱 향상시키는 자동화된 제어 시스템이 통합되어 있습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

5.1.3 진공 환경에서 니켈 기반 합금을 사용한 티타늄 합금 용접

진공 환경에서의 용접은 주로 티타늄 및 니켈 기반 합금과 같은 고정밀 및 민감한 재료를 가공하는 데 사용되며 항공우주 및 반도체 산업에서 일반적으로 사용됩니다. 이트륨 텅스텐 전극은 진공 TIG 용접 또는 진공 플라즈마 용접에 탁월하며, 휘발성이 낮고 화학적 안정성이 있어 용접 환경의 순도를 보장합니다.

Ti-6Al-4V 와 같은 티타늄 합금은 고강도, 저밀도 및 우수한 내식성으로 인해 항공우주 구조 부품에 널리 사용되지만 높은 화학적 활성은 산소 및 질소 오염을 방지하기 위해 진공 또는 불활성 가스 환경에서 용접해야 합니다. 진공 환경(10^{-3} ~ 10^{-5} Pa)에서 이트륨 텅스텐 전극의 장점은 다음과 같습니다.

낮은 가스 방출: 이트륨 산화물의 낮은 증기압(2000°C 에서 $<10^{-5}$ Pa)은 전극에서 불순물 가스를 방출하지 않아 진공 환경을 깨끗하게 유지합니다.

아크 안정성: 낮은 탈출 작업과 균일한 방출 지점으로 인해 아크는 저압 환경에서 드리프트 속도가 $<3\%$ 로 빠르게 점화됩니다.

긴 수명: 진공 환경에서는 전극 소손률이 더욱 감소($<0.1\text{mg/min}$)되어 장기간 연속 용접에 적합합니다.

인코넬 718 과 같은 니켈 기반 합금의 진공 용접은 주로 우주선 부품 및 터빈 블레이드에 사용되며, 높은 용점과 복잡한 구성으로 인해 전극의 우수한 고온 저항성이 필요합니다. 이트륨 텅스텐 전극의 높은 재결정 온도($>2000^{\circ}\text{C}$)와 크리프 저항성으로 인해 장기간의 고온 아크 충격을 견디고 팁 모양의 안정성을 유지할 수 있습니다.

일반적인 응용 분야는 다음과 같습니다.

우주선 쉘: 기밀성과 내식성을 보장하기 위해 진공 용접된 티타늄 합금 쉘.

터빈 블레이드: 니켈 기반 합금 블레이드는 정밀 용접되며 용접은 높은 피로 강도 요구 사항을 충족해야 합니다.

반도체 장비: 칩 제조 장비를 위한 진공 환경에서 스테인리스강 및 티타늄 파이프를 용접합니다.

5.2 이트륨 텅스텐 전극의 비용접 응용

5.2.1 플라즈마 절단 및 분무

플라즈마 절단 및 플라즈마 분무에 이트륨 텅스텐 전극을 적용하면 높은 전류 전달 용량과 고온 저항의 이점을 누릴 수 있습니다. 플라즈마 절단은 고에너지 플라즈마 아크(최대 30000°C 의 온도)를 통해 금속 재료를 녹여 날려버리며 탄소강, 스테인리스강 및 알루미늄 합금 절단에 널리 사용됩니다. 이트륨 텅스텐 전극의 길쭉한 아크와 높은 안정성으로 인해 플라즈마 절단에 선택되는 전극이 됩니다. 플라즈마 절단에서 이트륨 텅스텐 전극의 일반적인 특징은 다음과 같습니다.

고전류 적응성: $300\sim 1000\text{A}$ 의 초고전류를 견딜 수 있어 두께 $20\sim 100\text{mm}$ 의 판재 절단에 적합합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

낮은 소진율: 높은 에너지 밀도에서 전극 수명은 50~100 시간에 도달할 수 있습니다.
절단 정확도: 높은 아크 농도, 작은 절단 폭(<2mm), 높은 표면 마감.

플라즈마 스프레이는 플라즈마 아크를 통해 세라믹 또는 금속 분말을 녹여 공작물 표면에 분사하여 내마모성 또는 내식성 코팅을 만드는 표면 강화 기술입니다. 플라즈마 스프레이에서 이트륨 텅스텐 전극의 응용 분야는 다음과 같습니다.

항공우주: 터빈 블레이드 표면에 세라믹 코팅(예: 지르코니아)을 분사하여 고온 저항성을 향상시킵니다.

산업 장비: 굴삭기 버킷이나 펌프 본체 표면에 내마모성 코팅을 분사하여 서비스 수명을 연장합니다.

5.2.2 방전 가공(EDM)의 전극 응용 분야.

방전 가공(EDM)은 전극과 공작물 사이의 스파크 방전을 통해 재료를 제거하는 비접촉 가공 기술로 고경도 재료의 정밀 가공에 적합합니다. 이트륨 텅스텐 전극은 높은 경도 (HV 400~450), 내마모성 및 전기 전도성 (저항률은 약 $5.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$)으로 EDM 전극으로 사용됩니다.

EDM 에서 이트륨 텅스텐 전극의 장점은 다음과 같습니다.

높은 내마모성: 산화이트륨의 강화 효과로 인해 고주파 방전 시 전극이 마모되기 쉬워져 형상 안정성이 유지됩니다.

아크 제어: 낮은 탈출 작업은 스파크 방전의 안정성을 보장하여 가공 정확도를 향상시킵니다.

재료 적응성: 티타늄 합금, 금형강 및 초경 가공에 적합합니다.

일반적인 응용 분야는 다음과 같습니다.

금형 제조: 스탬핑 금형 및 사출 금형의 정밀 가공에 사용됩니다.

항공우주: 터빈 블레이드의 냉각 구멍과 같은 복잡한 모양의 티타늄 부품을 가공합니다.

의료 기기: 고정밀 수술 도구 및 임플란트 가공.

5.2.3 고온 방전 장치에 적용

이트륨 텅스텐 전극은 고온 방전 장치의 아크 발생기 또는 방전 전극으로 사용되며 플라즈마 연구, 용사 장비 및 크세논 램프와 같은 고강도 광원에 널리 사용됩니다. 높은 용점(3422°C)과 낮은 소진율로 인해 극한의 온도와 빈번한 방전을 견딜 수 있습니다.

응용 시나리오는 다음과 같습니다.

플라즈마 연구: 플라즈마 발생기에서 이트륨 텅스텐 전극은 재료 특성 테스트 또는 핵융합 연구를 위해 고온 플라즈마(>10000°C)를 생성하는 데 사용됩니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

크세논 램프 제조: 이트륨 텅스텐 전극은 고전류 방전을 견디고 강한 빛을 생성하는 크세논 램프의 음극 역할을 하며 영화 영사기 및 레이저에 사용됩니다.

용사 장비: 플라즈마 분사 장치에서 이트륨 텅스텐 전극은 내마모성 또는 고온 내성 코팅을 분사하는 아크 발생기 역할을 합니다.

5.3 업계에서 이트륨 텅스텐 전극의 적용

5.3.1 항공우주(엔진 부품, 터빈 블레이드)

항공우주 산업은 엔진 부품, 터빈 블레이드 및 동체 구조의 용접과 관련된 이트륨 텅스텐 전극의 가장 큰 응용 분야 중 하나입니다. 티타늄 및 니켈 기반 합금은 항공우주 분야에서 가장 일반적으로 사용되는 재료로, 고정밀, 강도 및 고온 저항성을 갖춘 용접 공정이 필요합니다. TIG 및 플라즈마 아크 용접에 이트륨 텅스텐 전극을 적용하면 이러한 요구가 충족됩니다.

특정 응용 분야는 다음과 같습니다.

터빈 블레이드: 고온(>1200°C) 및 피로 저항성을 견딜 수 있는 용접이 필요한 니켈 기반 합금 블레이드의 TIG 용접. 이트륨 텅스텐 전극의 가느다란 아크는 균일한 용접을 보장하여 균열을 줄입니다.

엔진 연소실: 티타늄 합금 및 스테인레스 스틸 연소실의 딥 멜트 용접. 딥 멜팅 요구 사항을 충족하기 위한 이트륨 텅스텐 전극(>300A)의 높은 전류 전달 용량.

본체 구조 : 티타늄 합금 스킨 및 프레임의 용접, 이트륨 텅스텐 전극의 낮은 열 입력은 재료 변형을 줄입니다.

5.3.2 방위 및 군사 산업(갑옷 재료, 미사일 부품)

방위 및 군사 산업 분야는 장갑 재료, 미사일 부품 및 무기 시스템 제조와 관련된 용접 품질에 대한 요구 사항이 매우 높습니다. 이트륨 텅스텐 전극은 높은 신뢰성, 비방사능 및 긴 수명으로 인해 널리 사용됩니다.

응용 분야는 다음과 같습니다.

기갑 강판: 고강도 강판의 딥멜트 용접, 이트륨 텅스텐 전극의 높은 아크 안정성은 용접 강도와 인성을 보장합니다.

미사일 포탄: 티타늄 합금과 스테인리스강 포탄의 정밀 용접으로 용접의 기밀성과 내식성이 요구됩니다.

무기 시스템: 복잡한 구조(예: 레이더 안테나)의 용접, 이트륨 텅스텐 전극의 미세 용접 기능은 정밀 요구 사항을 충족합니다.

5.3.3 에너지 산업 (원자력 장비, 가스 터빈)

에너지 산업은 용접 재료의 안전성과 내구성에 대한 요구 사항이 매우 높으며 이트륨 텅스텐 전극은 원자력 장비 및 가스 터빈 제조에 중요한 역할을 합니다.

응용 분야는 다음과 같습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

원자력 장비: 원자로 압력 용기 및 파이프라인 용접, 이트륨 텅스텐 전극을 사용한 TIG 또는 플라스마 아크 용접으로 결함이 없고 부식에 강한 용접을 보장합니다.

가스 터빈: 니켈 기반 합금 연소실 및 블레이드의 용접, 장기 작동 요구 사항을 충족하기 위한 이트륨 텅스텐 전극의 고온 안정성.

풍력 발전 장비 : 타워 및 블레이드 용접, 이트륨 텅스텐 전극의 깊은 용융 능력은 후판 용접에 적합합니다.

5.3.4 반도체 및 마이크로일렉트로닉스 제조

반도체 및 마이크로일렉트로닉스 산업에서는 칩 패키지, 센서 및 마이크로튜브 제조를 위한 초고정밀 납땜 공정이 필요합니다. 작은 바늘 모양의 디자인(직경 0.5~1.0mm)과 이트륨 텅스텐 전극의 낮은 열 입력은 이상적인 선택입니다.

응용 분야는 다음과 같습니다.

칩 패키징: 구리 및 금 리드의 마이크로 납땜과 이트륨-텅스텐 전극의 미세 아크(<0.5mm)는 솔더 조인트 정확도를 보장합니다.

센서 제조: 스테인리스 스틸 및 티타늄 합금 센서 용접으로 열 영향 영역을 최소화합니다.

마이크로 파이프 : 진공 환경에서 파이프를 용접하고 이트륨 텅스텐 전극의 낮은 휘발성으로 환경을 깨끗하게 유지합니다.

5.4 이트륨 텅스텐 전극의 전형적인 사례 분석

5.4.1 티타늄 합금 항공 구조 부품 용접

사례 배경: 한 항공우주 회사는 고강도(>900MPa)와 용접의 기밀성이 요구되는 두께 5mm의 Ti-6Al-4V 티타늄 합금 동체 구조 부품을 용접해야 합니다. 공정은 진공 TIG 용접이었고 전극은 이트륨-텅스텐 전극(WY20, 직경 2.4mm, 팁 각도 30°)이었습니다.

프로세스 구현:

용접 매개변수: 전류 150A(DCEN), 아르곤 유량 12L/min, 진공도 10^{-4} Pa.

전극 성능: 이트륨 텅스텐 전극의 낮은 탈출 전력은 <3%의 아크 드리프트율과 용접 중 심각한 소손 없이 빠른 아크 시작을 보장합니다.

결과: 용접부의 인장 강도는 기공이나 균열 없이 950MPa에 도달하여 항공 표준을 충족합니다.

분석: 이트륨 텅스텐 전극의 낮은 휘발성과 높은 아크 안정성은 진공 환경에서 용접 품질을 보장하여 티타늄 합금의 산화 위험을 줄입니다. 전극 수명은 최대 120 시간으로 생산 비용을 절감합니다.

5.4.2 초합금 보수 및 표면 강화

사례 배경: 가스 터빈 제조업체는 니켈 기반 합금(인코넬 718) 터빈 블레이드의 마모된 부분을 수리하고 플라스마 스프레이로 표면을 보강해야 했습니다. TIG 용접

저작권 및 법적 책임 선언문

수리 및 플라즈마 스프레이는 이트륨 텅스텐 전극(WY20, 직경 3.2mm)을 사용하여 수행되었습니다.

프로세스 구현:

용접 수리: 펄스 TIG 용접, 전류 100~200A, 충전재는 인코넬 718 용접 와이어입니다. 이트륨 텅스텐 전극의 가느다란 아크는 수리 영역에서 정밀한 풀 제어를 보장합니다. 플라즈마 스프레이: 지르코니아 코팅 스프레이, 전류 400A, 이트륨 텅스텐 전극의 고온 저항은 4 시간 동안 연속 스프레이를 지원합니다. 결과: 수리된 부위의 경도는 HV 450 에 도달했고 코팅 결합 강도는 > 70MPa 로 고온 작동 요구 사항을 충족했습니다.

분석: 수리 및 스프레이에서 이트륨 텅스텐 전극의 높은 전류 적응성과 낮은 소진률은 공정 효율성을 향상시키고 전극 교체 빈도를 줄입니다.

5.4.3 진공 환경에서 정밀 부품 용접

사례 배경: 반도체 장비 제조업체는 칩 제조 장비의 진공 시스템을 위해 스테인리스 스틸 마이크로 파이프(직경 2mm, 벽 두께 0.2mm)를 용접해야 합니다. 진공 TIG 용접을 위해 이트륨 텅스텐 마이크로 니들 전극(직경 0.5mm, 팁 반경 0.1mm)을 선택했습니다.

프로세스 구현:

용접 매개변수: 전류 10~20A(펄스 모드), 아르곤 유량 8L/min, 진공도 10^{-5} Pa. 전극 성능: 이트륨 텅스텐 전극의 낮은 열 입력과 미세한 아크(<0.5mm)는 0.1mm< 열 영향부로 작은 솔더 조인트 크기를 보장합니다. 결과: 용접부의 기밀성은 10^{-9} Pa·m³/s 에 도달하여 반도체 산업 표준을 충족했습니다.

분석: 이트륨 텅스텐 전극의 미세 용접 기능과 낮은 휘발성은 진공 환경에서 청결도와 용접 정확도를 보장하므로 고정밀 마이크로일렉트로닉스 응용 분야에 적합합니다.



6 장 이트륨 텅스텐 전극의 생산 설비

6.1 이트륨 텅스텐 전극의 원료 준비 장비

이트륨 텅스텐 전극 제조의 첫 번째 단계는 고순도 텅스텐 분말과 산화 이트륨의 스크리닝, 정제 및 최적화를 포함하는 원료 준비입니다. 이 단계의 장비는 고온 용접에서 이트륨 텅스텐 전극의 성능 요구 사항을 충족하기 위해 원료의 고순도, 입자 크기 균일성 및 화학적 안정성을 보장해야 합니다.

6.1.1 텅스텐 분말 분쇄 및 입자 크기 분류 장비

텅스텐 분말의 제조는 이트륨 텅스텐 전극 생산의 기초이며, 텅스텐 분말의 순도가 99.95% 이상에 도달하고 입자 크기를 1~5 μ m 범위로 제어하여 후속 소결 및 도핑의 균일성을 보장해야 합니다. 주요 장치와 해당 기능은 다음과 같습니다.

고에너지 볼 밀

고에너지 볼 밀은 거친 텅스텐 분말(초기 입자 크기 10~50 μ m)을 목표 입자 크기로 분쇄하는 데 사용됩니다. 이 장비는 금속 오염을 줄이기 위해 지르코니아 또는 카바이드 연삭 볼(직경 5~10mm)이 장착된 유성 또는 진동 설계로 설계되었습니다. 연삭 공정은 불활성 가스(예: 아르곤)의 보호 하에 수행되며 속도는 200~400rpm 으로 제어되며 연삭 시간은 48 시간입니다. 최신 볼 밀에는 과열로 인한 텅스텐 분말의 산화를 방지하는 온도 제어 시스템이 장착되어 있습니다. 장점: 고효율, 균일한 입자

저작권 및 법적 책임 선언문

크기 분포; 단점: 장기간 분쇄하면 미량 불순물이 발생할 수 있습니다.

기류 분류기

기류 분류기는 입자 크기가 $15\mu\text{m}$ 인 텅스텐 분말을 걸러내고 너무 크거나 작은 입자를 거부하는 데 사용됩니다. 이 장비는 텅스텐 분말을 고속 가스 흐름(속도 $10\sim 50\text{m/s}$)에 의해 분산시키고 입자 크기에 따라 $\pm 0.1\mu\text{m}$ 의 정확도로 분리합니다. 분류기에는 다단계 사이클론과 정밀 필터가 장착되어 분말 없는 오염을 보장하는 경우가 많습니다. 장점: 고정밀 분류, 대출력(시간당 $100\sim 500\text{kg}$); 단점: 장비 유지 보수 비용이 높습니다.

초음파 세척 장비

세척 장비는 텅스텐 분말 표면에서 산화물과 불순물(예: 철, 탄소)을 제거하는 데 사용됩니다. 이 장비는 묽은 염산 또는 질산 용액(농도 $5\%\sim 10\%$)을 초음파 진동(주파수 $20\sim 40\text{kHz}$)과 결합하여 텅스텐 분말을 세척한 다음 진공 건조($<200^\circ\text{C}$)로 물을 제거합니다. 장점: 표면 불순물을 효과적으로 제거합니다. 단점: 텅스텐 분말의 부식을 방지하기 위해 용액의 농도를 엄격하게 제어해야 합니다.

레이저 입자 크기 분석기는 텅스텐 분말의 입자 크기 분포를 실시간으로 모니터링하여 입자 크기가 목표 요구 사항을 충족하는지 확인하는 데 사용됩니다. 이 장비는 레이저 회절 원리를 채택하여 감지 범위는 $0.01\sim 1000\mu\text{m}$ 이고 정확도는 $\pm 1\%$ 입니다. 장점: 빠르고 정확합니다. 단점: 장비가 비쌉니다.

이러한 장치는 함께 작동하여 텅스텐 분말의 순도, 입자 크기 및 형태가 이트륨 텅스텐 전극 생산의 요구 사항을 충족하도록 합니다. 현대 공장에서는 또한 PLC(Programmable Logic Controller)를 통해 연삭, 분류, 세척의 지속적인 작업을 달성하기 위해 자동화된 제어 시스템을 도입하여 생산 효율성을 향상시킵니다.

6.1.2 이트륨 산화물 정제 및 나노보존 장비

산화이트륨(Y_2O_3)은 도펀트로 사용되며, 순도($>99.99\%$)와 입자 크기($0.52\mu\text{m}$, 나노스케일 $10\sim 100\text{nm}$)는 이트륨 텅스텐 전극의 성능에 매우 중요합니다. 정제 및 나노 처리 장비에는 다음이 포함됩니다.

용매 추출 장비

용매 추출 장비는 모나자이트와 같은 이트륨 광석에서 고순도 이트륨 산화물을 추출하는 데 사용됩니다. 이 장비에는 추출 탱크, 원심 분리기 및 TBP 또는 P204 와 같은 유기 추출제를 사용하여 다른 희토류 원소에서 이트륨을 분리하는 이온 교환 열이 포함됩니다. 추출 공정은 산성 환경($\text{pH } 24$)에서 $10\sim 20$ 주기의 일반적인 사이클로 수행되어 불순물(예: 칼슘, 질리콘)을 $<$ 보장합니다. 장점: 고순도, 산업 생산에 적합; 단점: 폐액 처리 비용이 높습니다.

분무 건조기

분무 건조기는 질산이트륨 용액을 산화이트륨 분말로 제조하는 데 사용됩니다. 이 장비는 고압 노즐(압력 0.52MPa)을 통해 용액을 분무하고 뜨거운 공기($200\sim 300^\circ\text{C}$)로

저작권 및 법적 책임 선언문

빠르게 건조시켜 마이크로 또는 나노 규모의 입자를 형성합니다. 입자 균일성을 보장하기 위해 분무 속도와 건조 온도를 정밀하게 제어해야 합니다(목표 입자 크기 0.5~2μm). 장점: 좋은 입자 형태, 높은 유동성; 단점: 높은 에너지 소비.

나노 그라인더

나노 밀은 마이크론 규모의 산화 이트륨을 나노 규모(10~100nm)로 추가로 분쇄하는 데 사용됩니다. 장비는 습식 연삭을 채택하고 매체는 지르코니아 구슬(직경 0.1~0.5mm), 회전 속도는 1000~2000rpm, 연삭 시간은 26 시간입니다. 분쇄 공정은 물이나 에탄올 매체에서 이루어지므로 입자가 뭉치는 것을 방지합니다. 장점: 도핑 균일성을 향상시키기 위해 나노 규모의 입자를 생성할 수 있습니다. 단점: 장비 마모는 정기적인 유지 관리가 필요합니다.

화학 분석 장비 유도 결합 플라즈마 질량 분석기 (ICP-MS) 는 전극 생산 요구 사항을 준수하기 위해 검출 한계가 < 1ppb 인 이트륨 산화물의 순도 및 불순물 함량을 검출하는 데 사용됩니다. 장점: 고감도; 단점: 복잡한 작업과 전문적인 작업.

이 장치는 다단계 정제 및 입자 크기 제어를 통해 이트륨 텅스텐 전극의 도핑 공정에 고품질 이트륨 산화물 원료를 제공합니다.

6.2 이트륨 텅스텐 전극용 분말 야금 장비

분말 야금은 분말 혼합, 성형 및 소결을 포함하는 이트륨 텅스텐 전극 준비의 핵심 공정입니다. 장비는 이트륨 산화물의 균일한 분포와 전극의 고밀도를 보장해야 합니다.

6.2.1 고정밀 혼합 및 도핑 시스템

혼합 및 도핑 장비는 텅스텐 분말에 산화 이트륨을 고르게 분산시키는 데 사용되며, 이는 전극의 아크 안정성과 기계적 특성에 영향을 미칩니다.

고에너지 믹서

고에너지 믹서는 주파수 변환 제어(회전 속도 50~200rpm)가 장착된 3 차원 또는 V 자형 혼합 설계를 채택하고 혼합 시간은 48 시간입니다. 이 장비는 텅스텐 분말의 산화를 방지하는 아르곤과 같은 불활성 가스의 보호하에 작동합니다. 일부 장비는 산화 이트륨 입자의 분산을 개선하기 위해 초음파 분산 장치(주파수 20~40kHz)와 통합됩니다. 장점: 고르게 혼합하여 대량 생산에 적합합니다. 단점: 장비 크기가 크고 설치 공간이 큼니다.

스프레이 도핑 시스템

스프레이 도핑 시스템은 텅스텐 분말 또는 삼산화 텅스텐 공급 원료에 질산 이트륨 용액을 분사하여 도핑을 달성합니다. 장비에는 고압 노즐(압력 13MPa), 교반 탱크 및 건조실이 포함되며 분무 속도는 0.1~0.5L/min 으로 제어됩니다. 건조 후 텅스텐 이트륨 복합 분말이 형성되었고 산화 이트륨의 함량 편차는 <±0.1%였습니다. 장점: 균일한 도핑, 높은 함량의 산화이트륨(>2%)에 적합합니다. 단점: 공정이 복잡하고 용액 농도를 엄격하게 제어해야 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

X 선 형광 분광법(XRF) XRF 는 도핑된 분말의 원소 분포를 실시간으로 모니터링하여 산화 이트륨 함량이 목표값(1.8%~2.2%)을 충족하는지 확인하는 데 사용됩니다. 장비의 감지 정확도± 0.05%, 분석 시간은 1 분<. 장점: 빠르고 무손실; 단점: 고가의 장비.

6.2.2 냉간 등방성 프레스 및 열간 프레스 장비

성형 장비는 도핑된 분말을 전극 블랭크에 압착하여 고밀도와 기계적 강도를 보장합니다.

냉간 등방성 프레스(CIP)

냉간 등방성 프레스는 액체 매체(보통 물 또는 기름)를 통해 균일한 압력(200~300MPa)을 가하여 분말을 직경 10~20mm 의 블랭크 스트립으로 압착합니다. 이 장비에는 고압 펌프와 유연한 금형이 장착되어 있으며 열 유지 시간은 30~60 초이고 밀도는 빌렛 스트립 이론 값의 60%~70%입니다. 장점: 균일한 밀도, 응력 집중 없음; 단점: 높은 장비 비용 및 복잡한 유지 보수.

열 프레스

핫 프레스는 1000~1400°C 에서 50~100MPa 의 압력을 가하여 고성능 전극의 예비 성형에 적합합니다. 이 장비에는 산화를 방지하기 위해 흑연 금형과 진공 시스템이 장착되어 있습니다. 열간 압착 공정은 빌렛의 밀도를 80% 이상으로 높일 수 있습니다. 장점: 소량 배치 및 고정밀 생산에 적합합니다. 단점: 높은 에너지 소비, 빠른 금형 마모.

6.2.3 고온 진공 소결로 및 분위기로

소결 장비는 이트륨 텅스텐 전극 준비의 핵심이며 전극의 밀도와 기계적 특성을 향상시키는 데 사용됩니다.

고온 진공 소결로

진공 소결로는 10^{-3} ~ 10^{-5} Pa 의 진공 환경에서 작동하며, 소결 온도는 2000~2400°C, 가열 속도는 5~10°C/min, 유지 시간은 24 시간입니다. 이 장비는 몰리브덴 또는 텅스텐 가열 요소를 사용하여 고온 안정성을 보장합니다. 진공 환경은 가스 불순물의 흡착을 줄이고 전극 밀도는 98% 이상에 도달할 수 있습니다. 장점: 고순도, 고급 전극에 적합합니다. 단점: 높은 장비 비용 및 진공 시스템의 복잡한 유지 보수.

수소 가스 분위기로

수소 분위기로는 1800~2200°C 에서 작동하였고, 수소 유량은 10~20L/min 이었고, 산소 함량은 <10ppm 으로 조절하였다. 이 장비에는 소결 조건을 실시간으로 모니터링하기 위해 적외선 온도계와 가스 분석기가 장착되어 있습니다. 수소 보호는 텅스텐 분말의 산화를 방지하고 산화 이트륨의 균일한 분포를 촉진합니다. 장점: 저렴한 비용, 대량 생산에 적합합니다. 단점: 수소 순도를 엄격하게 관리해야 합니다.

대기 제어 시스템에는 소결 대기의 안정성을 보장하기 위해 고정밀 가스 분석기(산소 함량 <1ppm 감지) 와 흐름 컨트롤러가 장착되어 있습니다. 장점: 전극 품질의

저작권 및 법적 책임 선언문

일관성을 향상시킵니다. 단점: 정기적인 보정이 필요합니다.

6.3 이트륨 텅스텐 전극의 가공 및 성형 장비

가공 및 성형 장비는 소결된 블랭크 스트립을 표준 전극 막대로 가공하여 치수 정확도와 표면 품질을 보장합니다.

6.3.1 정밀 캘린더링 및 인신 기계

핫 캘린더 핫 캘린더는 1400~1600°C 에서 빌렛의 직경을 10~20mm 에서 3~5mm 로 줄입니다. 이 장비는 다중 패스 압연(5~10 패스)을 채택하고 불활성 가스 보호 시스템(아르곤 유량 10~15L/min)을 갖추고 있습니다. 롤 재료는 텅스텐-몰리브덴 합금으로 고온 및 마모에 강합니다. 장점: 대량 생산에 적합한 고효율; 단점: 표면 산화를 방지하기 위해 정밀한 온도 제어가 필요합니다.

정밀 드로잉 머신

정밀 드로잉 기계는 0.05mm 의 공차로 캘린더 로드를 목표 직경(0.5~4.8mm)± 당깁니다. 이 장비는 다이아몬드 금형을 사용하며 드로잉 속도는 0.52m/min 이며 윤활제는 흑연 에멀전 또는 몰리브덴 기반 윤활제입니다. 드로잉 공정에는 매끄러운 전극 표면을 보장하기 위해 장력 제어 시스템이 장착되어 있습니다. 장점: 높은 치수 정확도; 단점: 금형 마모는 정기적으로 교체해야 합니다.

6.3.2 CNC 연삭 및 연마 장비

CNC 연삭기 CNC 연삭기는 전극 팁(각도 15°~60°, 팁 반경 0.1~0.5mm)을 성형하는 데 사용됩니다. 이 장비는 다이아몬드 연삭 휠을 채택하며 가공 정확도는 ±0.01mm 이고 회전 속도는 1000~5000rpm 입니다. CNC 시스템은 팁 모양을 제어하여 일관성을 보장하도록 프로그래밍되어 있습니다. 장점: 복잡한 최첨단 설계에 적합한 고정밀; 단점: 처리 속도가 느립니다.

전기화학 연마기

전기화학 연마기는 전해질(보통 황산-인산 혼합물)과 목표 거칠기가 Ra<0.4μm 인 DC 전원 공급 장치(전압 5~15V)로 전극 표면을 연마합니다. 장비에는 자동 혼합 및 온도 제어 시스템이 장착되어 있으며 연마 시간은 10~30 초입니다. 장점: 높은 표면 마감, 아크 드리프트 감소; 단점: 전해질은 정기적으로 처리해야 합니다.

6.3.3 레이저 절단 및 전극 성형 장비

레이저 절단기

레이저 절단기는 파이버 레이저(출력 13kW)를 사용하여 전극 막대를 표준 길이(50~175mm)로 절단합니다. 이 장비에는 열 응력으로 인한 미세 균열을 방지하기 위해 냉각 시스템이 장착되어 있습니다. 절단 정확도± 0.1mm 이며 절단은 평평하고 버가 없습니다. 장점: 비표준 길이에 적합한 고정밀; 단점: 높은 장비 비용.

전극 성형기

성형기는 CNC 선반이나 특수 고정 장치를 사용하여 특수 모양의 전극(예: 곡선 또는 테이퍼 전극)을 가공하는 데 사용됩니다. 이 장비는 0.05mm± 가공 정확도로 맞춤형 설계를 지원합니다. 장점: 특별한 요구를 충족시키는 높은 유연성; 단점: 긴 생산

저작권 및 법적 책임 선언문

주거.

6.4 이트륨 텅스텐 전극 검사 및 품질 모니터링 장비

품질 테스트 장비는 이트륨 텅스텐 전극의 화학 성분, 미세 구조 및 성능이 표준을 충족하는지 확인하는 데 사용됩니다.

6.4.1 화학성분분석장비(ICP-MS, XRF)

유도 결합 플라즈마 질량 분석법(ICP-MS) ICP-MS 는 텅스텐 및 이트륨 산화물의 순도 및 불순물 함량(Fe, Ca, Si 등)을 검출하는 데 사용되며 검출 한계는 $< 1\text{ppb}$ 이고 분석 시간은 < 5 분입니다. 이 장비에는 배치 테스트를 지원하기 위해 자동 샘플 주입 시스템이 장착되어 있습니다. 장점: 미량 원소 분석에 적합한 고감도; 단점: 복잡한 작업과 전문적인 작업.

X 선 형광 분광법 (XRF) XRF 는 $0.05\% \pm$ 정확도로 이트륨 산화물 함량의 균일성과 전극 분포를 비파괴적으로 검출하는 데 사용됩니다. 이 장비는 빠른 스캐닝(< 1 분)을 지원하며 생산 라인의 실시간 모니터링에 적합합니다. 장점: 빠르고 무손실; 단점: 경원소 감지에 대한 감도가 낮습니다.

6.4.2 미세구조 및 형태 분석 장비(SEM, TEM)

주사전자현미경(SEM) SEM 을 이용하여 전극의 입자 크기(타겟 $5\sim 10\mu\text{m}$), 다공성($< 1\%$) 및 산화이트륨 분포를 관찰하였다. 이 장치의 해상도는 1nm 이며 원소 분포를 분석하기 위해 에너지 분산 분광법 (EDS) 액세서리가 장착되어 있습니다. 장점: 미세 구조의 직관적인 표시; 단점: 시료 준비 시간이 길다.

투과 전자 현미경(TEM) TEM 은 0.1nm 해상도로 나노 스케일에서 이트륨 산화물 입자의 분포 및 결정 구조를 분석하는 데 사용됩니다. 이 장비는 나노 도핑 전극의 미세한 특성을 연구하는 데 적합합니다. 장점: 고해상도; 단점: 고가의 장비와 복잡한 작업.

6.4.3 성능 테스트 장비(아크 안정성, 소진율 시험기)

아크 안정성 시험기 이 시험기는 TIG 용접 조건(전류 $50\sim 300\text{A}$, 아르곤 유량 $10\sim 15\text{L/min}$)을 시뮬레이션하고 아크 드리프트율(목표 $< 5\%$) 및 아크 시작 전압($10\sim 15\text{V}$)을 측정합니다. 이 장비에는 고주파 전원 공급 장치 (High-Frequency Power Supply) 와 스펙트럼 분석기 (Spectrum Analyzer) 가 장착되어 있어 아크 광도와 안정성을 기록합니다. 장점: 용접 환경의 현실적인 시뮬레이션; 단점: 테스트 비용이 높습니다.

소진율 시험기 소진율 시험기는 목표 소진율 0.2mg/min 표준 용접 조건(200A , 1 시간)에서 전극 질량 손실을 측정합니다. 이 장비에는 고정밀 저울 (정확도 $\pm 0.01\text{mg}$) 및 온도 모니터링 시스템이 장착되어 있습니다. 장점: 수명의 정확한 측정; 단점: 긴 테스트 주기.

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com
Phone: +86 592 5129595; 592 5129696
Website: www.tungsten.com.cn

6.5 이트륨 텅스텐 전극용 지능형 생산 설비

지능형 생산 장비는 자동화 및 데이터 분석을 통해 생산 효율성과 품질 일관성을 향상시킵니다.

6.5.1 자동화된 생산 라인 및 산업용 로봇

자동화된 생산 라인 자동화된 생산 라인은 연삭, 도핑, 성형, 소결 및 가공 장비를 통합하여 컨베이어 벨트와 PLC 시스템을 통해 연속 생산을 달성합니다. 생산 라인은 다중 스테이션 병렬 작동을 지원하며 생산량은 1000~5000 개/일에 도달할 수 있습니다. 장점: 고효율, 낮은 인건비; 단점: 초기 투자가 큼.

산업용 로봇 산업용 로봇은 분말 적재 및 하역, 빌렛 취급 및 전극 포장에 사용됩니다. 6 축 로봇(하중 5~20kg)에는 위치 정확도 $\pm 0.1\text{mm}$ 의 비전 인식 시스템이 장착되어 있어 고정밀 작동에 적합합니다. 장점: 높은 유연성, 수동 오류 감소; 단점: 높은 유지 보수 비용.

6.5.2 온라인 품질 모니터링 및 데이터 분석 시스템

온라인 모니터링 시스템 온라인 모니터링 시스템은 적외선 온도계(정확도 $\pm 1^{\circ}\text{C}$), 가스 분석기(산소 함량 $< 1\text{ppm}$) 및 XRF 를 통합하여 소결 온도, 대기 순도 및 도핑 균일성을 실시간으로 모니터링합니다. 시스템은 사물 인터넷(IoT) 기술을 통해 데이터를 클라우드에 업로드하여 실시간 보고서를 생성합니다. 장점: 빠른 피드백, 결함 감소; 단점: 안정적인 네트워크 지원이 필요합니다.

데이터 분석 시스템

데이터 분석 시스템은 기계 학습 알고리즘을 기반으로 공정 매개변수(온도, 압력, 도핑 비율)와 전극 성능(소진율, 아크 안정성) 간의 관계를 분석하여 생산 매개변수를 최적화합니다. 이 시스템은 결함률을 $< 1\%$ 까지 예측합니다. 장점: 지능형 최적화; 단점: 지원하려면 많은 과거 데이터가 필요합니다.



7장 이트륨 텅스텐 전극에 대한 국내의 표준

고성능 용접 재료로서 이트륨 텅스텐 전극의 품질과 성능은 엄격한 표준화 관리의 대상입니다. 국내의 표준은 명확한 분류, 성능 요구 사항 및 테스트 방법을 통해 이트륨 텅스텐 전극의 생산, 테스트 및 적용을 규제합니다. 이 장에서는 이트륨 텅스텐 전극의 국제 표준, 국내 표준, 표준 비교 및 개발 동향에 대해 자세히 설명합니다.

7.1 이트륨 텅스텐 전극에 대한 국제 표준

국제 표준은 주로 국제 표준화 기구(ISO), 미국 용접 협회(AWS) 및 유럽 표준화 위원회(EN)의 관련 표준을 포함하여 이트륨 텅스텐 전극의 제조 및 적용에 대한 통일된 기술 사양을 제공합니다. 이 표준은 이트륨 텅스텐 전극에 대한 화학 성분, 치수 공차, 성능 테스트 및 마킹 요구 사항을 자세히 설명합니다.

7.1.1 ISO 6848: 텅스텐 전극에 대한 분류 및 기술 요구 사항

ISO 6848:2015 "용접 소모품 - 아크 용접용 비소모성 텅스텐 전극"은 텅스텐 아르곤 아크 용접(TIG 용접) 및 플라즈마 아크 용접과 같은 공정에 적합한 텅스텐 전극의 국제 표준입니다. 이 표준은 이트륨 텅스텐 전극(WY20)을 명확하게 분류하고 수행합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

분류 및 식별: 이트륨 텅스텐 전극은 WY20 으로 분류되며 산화 이트륨(Y_2O_3) 함량은 1.8%~2.2%(질량 분율)이며 전극 팁은 파란색 코팅으로 표시되어 있습니다. 이 표준은 또한 다른 유형의 전극을 구별하기 위해 다른 회도류 도핑 전극(예: 란타넘 텅스텐, 세륨 텅스텐)의 분류를 지정합니다. 식별 요구 사항에는 전극 모델, 크기, 생산 배치 및 제조업체 정보가 포함되며 종종 레이저 조각 또는 포장 라벨 형태입니다.

화학 성분: 텅스텐 매트릭스의 순도는 99.5%를 $\geq$ 해야 하며 불순물(예: 철, 규소, 탄소)의 총 함량은 0.05%< 필요합니다. 산화이트륨의 균일한 분포는 X 선 형광 분광법(XRF) 또는 에너지 분산 분광법(EDS)에 의해 $\leq \pm 0.1\%$ 의 함량 편차로 검출되었습니다.

치수 및 공차: 전극 직경 범위는 0.5~6.4mm, 공차는 $\pm 0.05\text{mm}$ 입니다. 길이 범위는 50~175mm 이고 공차는 $\pm 1\text{mm}$ 입니다. 표면은 매끄럽고 균열, 개재물 또는 산화물 층이 없어야 하며 거칠기는 $Ra < 0.4\mu\text{m}$ 여야 합니다.

성능 요구 사항:

아크 시동 성능: 아크 시동 전압 $< 15\text{V}$, 아크 드리프트율 $< 5\%$, 테스트 조건은 DC 양극성(DCEN), 전류 50~200A 입니다.

소진율: 200A DC 용접 조건에서 소진률 $< 0.2\text{mg/min}$ 입니다.

기계적 성질: 비커스 경도(HV) 400~450, 인장 강도 $> 1000\text{MPa}$.

테스트 방법: 이 표준은 화학 성분 분석(ICP-MS), 미세 구조 테스트(SEM), 아크 안정성 테스트 및 소진율 테스트에 대한 특정 방법을 지정합니다. 시험은 표준 용접 조건(아르곤 유량 10~15L/min)에서 수행해야 합니다.

ISO 6848 은 항공 우주, 에너지 및 자동차 제조에 널리 사용되는 이트륨 텅스텐 전극의 글로벌 생산 및 거래를 위한 통합 프레임워크를 제공합니다. 엄격한 성능 요구 사항은 고정밀 용접에서 전극의 신뢰성을 보장합니다.

7.1.2 AWS A5.12: 텅스텐 전극 사양 및 성능

AWS A5.12:2009 "아크 용접용 텅스텐 및 산화물 분산 텅스텐 전극 사양"은 미국 용접 협회에서 개발하여 북미 시장에서 널리 사용되는 텅스텐 전극 표준입니다. 이트륨 텅스텐 전극(EWY-2)의 사양 및 성능 요구 사항은 ISO 6848 과 매우 일치하지만 일부 세부 사항에서 실제 적용에 더 많은 주의를 기울입니다.

분류 및 식별: 이트륨 텅스텐 전극은 EWY-2 로 표시되며 산화 이트륨 함량은 1.8%~2.2%이며 끝은 파란색으로 칠해져 있습니다. 이 표준은 사용자가 쉽게 식별할 수 있도록 전극 포장에 AWS 분류, 크기 및 배치 번호를 명확하게 표시하도록 요구합니다.

화학 성분 : 텅스텐의 순도는 99.5 % $\geq$ 되어야 하며 산화 이트륨의 함량 편차는 $\leq \pm 0.1\%$ 입니다. 이 표준은 불순물(예: 몰리브덴, 철) 제어에 특히 중점을 두고 있으며

저작권 및 법적 책임 선언문

ICP-MS 또는 XRF 검출을 요구합니다.

치수: 직경 범위 0.5~6.4mm, 공차 $\pm 0.05\text{mm}$; 길이는 50~175mm 이고 공차는 $\pm 1\text{mm}$ 입니다. 이 표준은 상호 합의에 따라 맞춤형 길이도 허용합니다.

성능 요구 사항:

아크 안정성: 100~300A 전류에서 아크 드리프트율은 $<5\%$ 이고 아크 시작 시간은 < 0.1 초입니다.

소진율: 200A, 1 시간 테스트에서 소진율 $< 0.2\text{mg/min}$ 입니다.

표면 품질: 전극 표면에 균열, 산화물 또는 기름 얼룩이 없으며 거칠기 $Ra < 0.4 \mu\text{m}$ 입니다.

테스트 및 인증: AWS A5.12 에서는 제조업체가 아크 시작, 소진율 및 고온 크리프 저항을 포함한 성능 테스트 보고서를 제공하도록 요구합니다. AWS 또는 타사 실험실과 같은 인증 기관은 테스트를 위해 전극을 샘플링할 수 있습니다.

AWS A5.12 는 북미 시장, 특히 제조업체가 고객 요구 사항을 충족하기 위해 표준을 엄격히 준수해야 하는 항공우주 및 방위 산업에서 폭넓은 입지를 확보하고 있습니다.

7.1.3 EN 26848 : 텅스텐 전극에 대한 유럽 표준

EN 26848:1991 은 유럽 표준화 위원회에서 개발 한 텅스텐 전극에 대한 표준으로 ISO 6848 과 대체로 일치하지만 유럽 시장에서 특정 응용 프로그램이 있습니다. 이 표준은 이트륨 텅스텐 전극 (WY20)의 분류, 성능 및 테스트 방법을 지정합니다.

분류 및 식별: 이트륨 텅스텐 전극은 WY20 으로 표시되어 있으며 이트륨 산화물 함량은 1.8%~2.2%이며 끝은 파란색으로 칠해져 있습니다. 이 표준에서는 전극 표면이나 포장에 모델 및 제조업체 정보가 명확하게 표시되어야 합니다.

화학 성분 : 텅스텐 매트릭스 순도 $\geq 99.5\%$, 불순물 함량 $< 0.05\%$. 산화이트륨의 분포 균일성은 EDS 로 감지해야 하며 편차 $\leq \pm 0.1\%$ 입니다.

치수 및 공차: 직경 0.5~6.4mm, 공차 $\pm 0.05\text{mm}$; 길이는 50~175mm 이고 공차는 $\pm 1\text{mm}$ 입니다. 이 표준은 계약 요구 사항에 따라 비표준 크기를 허용합니다.

성능 요구 사항:

아크 성능: 아크 시작 전압 $< 15\text{V}$, DC 및 AC 용접에 적합합니다.

아크 안정성: 100~200A 에서 아크 드리프트율은 $<5\%$ 입니다.

소진율: 200A DC 에서 소진율 $< 0.2\text{mg/min}$ 입니다.

테스트 방법: 이 표준은 화학 성분 분석(ICP-MS), 표면 품질 검사(현미경 관찰) 및 아크 성능 테스트를 위한 특정 절차를 지정합니다. 테스트는 표준 TIG 용접 장비에서 수행됩니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

EN 26848 은 자동차 제조, 조선 산업 및 에너지 장비 생산을 위해 유럽 시장에서 널리 사용되며 해당 요구 사항은 쉬운 국제 무역을 위해 ISO 6848 과 매우 호환됩니다.

7.2 이트륨 텅스텐 전극에 대한 국내 표준

세계 최대의 텅스텐 전극 생산국인 중국은 이트륨 텅스텐 전극의 생산 및 적용을 규제하기 위해 여러 국가 표준 및 산업 표준을 공식화했습니다. 이 표준은 국제 표준을 기반으로 실제 국내 생산과 결합하여 보다 구체적인 기술 요구 사항을 제시합니다.

7.2.1 GB/T 4192: 텅스텐 전극의 기술 조건

GB/T 4192-2017 "텅스텐 전극"은 이트륨 텅스텐 전극(WY20)을 포함하여 TIG 용접 및 플라즈마 아크 용접용 텅스텐 전극에 대한 중국 국가 표준입니다.

분류 및 식별: 이트륨 텅스텐 전극은 WY20 으로 표시되어 있으며 이트륨 산화물 함량은 1.8%~2.2%이며 끝은 파란색으로 칠해져 있습니다. 이 표준에는 WY10(1% 산화 이트륨)과 같은 비표준 모델도 포함되어며 포장에 모델, 크기 및 배치 번호를 표시해야 합니다.

화학 성분 : 텅스텐 순도 $\geq 99.5\%$, 총 불순물 (예 : 철, 실리콘) $< 0.05\%$. 산화이트륨 함량 편차 $\pm 0.1\%$ 이며 XRF 또는 ICP-MS 로 검출되었습니다.

치수 및 공차: 직경 0.5~6.4mm, 공차 $\pm 0.05\text{mm}$; 길이는 50~175mm 이고 공차는 $\pm 1\text{mm}$ 입니다. 표면에는 균열과 개재물이 없어야 하며 거칠기는 $Ra < 0.4\mu\text{m}$ 여야 합니다.

성능 요구 사항:

아크 시동 성능: 아크 시동 전압 $< 15\text{V}$, 아크 시동 시간 < 0.1 초.

아크 안정성: 100~300A 에서 아크 드리프트율은 $< 5\%$ 입니다.

소진률: 200A DC 에서 소진률 $< 0.2\text{mg/min}$ 입니다.

기계적 성질: 경도 HV 400~450, 인장 강도 $> 1000\text{MPa}$.

테스트 방법: 이 표준은 화학 성분 분석(ICP-MS), 미세 구조 테스트(SEM), 아크 안정성 테스트 및 소진율 테스트에 대한 특정 방법을 지정합니다. 테스트 장비는 국가 계측 표준을 준수해야 합니다.

GB/T 4192 는 국내 항공우주, 에너지 및 자동차 제조 분야에서 널리 사용되는 중국 텅스텐 전극 산업의 핵심 표준입니다.

7.2.2 JB/T 12706: 용접용 텅스텐 전극 표준

JB/T 12706-2016 "용접용 텅스텐 전극"은 TIG 및 플라즈마 아크 용접 장비에 적합한 기계 산업 표준으로 GB/T 4192 의 일부 요구 사항을 보완합니다.

분류 및 식별: WY20 으로 표시된 이트륨 텅스텐 전극, 끝은 파란색으로 칠해져

저작권 및 법적 책임 선언문

있습니다. 이 표준은 전극 포장에 모델, 크기, 제조 날짜 및 제조업체 정보를 표시하도록 요구합니다.

화학 성분 : 텅스텐 순도 $\geq 99.5\%$, 산화 이트륨 함량 $1.8\% \sim 2.2\%$. 이 표준은 불순물 제어(예: 탄소 $< 0.01\%$)를 강조하며 이는 화학 분석을 통해 검증해야 합니다.

치수 및 공차: 직경 $0.5 \sim 6.4\text{mm}$, 공차 $\pm 0.05\text{mm}$; 길이는 $50 \sim 175\text{mm}$ 이고 공차는 $\pm 1\text{mm}$ 입니다. 맞춤형 비표준 크기가 허용됩니다.

성능 요구 사항:

아크 성능: 아크 시작 전압 $< 15\text{V}$, DC 및 AC 용접에 적합합니다.

아크 안정성: $50 \sim 200\text{A}$ 에서 아크 드리프트율 $< 5\%$.

변아웃 속도: 200A 에서 변아웃 속도 $< 0.2\text{mg/min}$ 입니다.

테스트 및 인증: 이 표준은 제조업체가 화학 성분, 치수 정확도 및 아크 성능을 포함한 품질 인증서를 제공하도록 요구합니다. 제 3 자 테스트 기관이 인증을 받을 수 있습니다.

JB/T 12706 은 기계 제작 분야, 특히 중소기업에서 널리 사용되며 상대적으로 유연한 요구 사항으로 인해 인기가 있습니다.

7.2.3 산업별 표준 및 사양

국가 표준 외에도 중국의 일부 산업에서는 특정 응용 시나리오에 대한 이트륨 텅스텐 전극에 대한 추가 요구 사항을 제시하는 특수 사양을 개발했습니다.

항공 우주 산업: 중국 항공 산업 표준(예: HB 시리즈)은 이트륨-텅스텐 전극이 티타늄 합금 및 니켈 기반 합금의 용접에서 더 높은 아크 안정성과 낮은 휘발성을 갖도록 요구하며 소진률은 $< 0.15\text{mg/min}$ 이고 가스 방출 속도는 $< 10^{-6}\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$.
원자력 산업: 원자력 산업 표준(예: HJB 시리즈)은 고온 및 고압 환경에서 용접의 장기적인 안정성을 보장하기 위해 산화 이트륨 함량의 편차가 $0.05\% \leq$ 전극의 비방사능 및 내식성을 강조합니다.

조선 산업: 해양 산업 사양에 따라 이트륨 텅스텐 전극은 습도가 높고 염소 함유 환경에서 우수한 내식성을 갖도록 요구하며 표면은 특수 연마($Ra < 0.2\mu\text{m}$)해야 합니다.

이러한 산업 표준은 일반적으로 GB/T 4192 를 기반으로 하지만 내식성 테스트 및 고온 피로 테스트와 같은 애플리케이션별 테스트 요구 사항을 추가합니다.

7.3 이트륨 텅스텐 전극의 표준 비교 및 적용

7.3.1 국내외 표준의 차이점과 적용 가능성

국내외에서 이트륨 텅스텐 전극의 분류, 성능 요구 사항 및 테스트 방법에는 특정 차이가 있으며 주로 다음과 같은 측면에 반영됩니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

화학 성분 요구 사항: ISO 6848 및 AWS A5.12 는 불순물 함량(<0.05%)에 대한 요구 사항이 더 엄격한 반면, GB/T 4192는 국내 원료의 실제 상황에 적응하기 위해 약간 더 높은 불순물 한도(<0.1%)를 허용합니다. EN 26848 은 ISO 6848 과 일치하지만 탄소와 같은 미량 원소에 대한 통제가 더 느슨합니다.

치수 및 공차: 국제 표준(ISO, AWS, EN)은 직경 공차($\pm 0.05\text{mm}$) 및 표면 거칠기($Ra < 0.4\mu\text{m}$)에 대한 요구 사항을 충족하는 반면, GB/T 4192 및 JB/T 12706 은 비표준 크기를 허용하여 국내 시장의 다양한 요구에 적합합니다.

성능 테스트: ISO 6848 및 AWS A5.12 는 포괄적인 아크 성능 테스트(예: 아크 전압, 드리프트 속도)를 요구하고 표준 용접 조건(아르곤 유량 10~15L/min)을 지정합니다. GB/T 4192 및 JB/T 12706 은 유사한 테스트 방법을 가지고 있지만 보다 유연한 테스트 조건을 허용하고 중소기업에 적합합니다.

적용:

국제 표준: 항공우주 및 원자력 산업과 같은 글로벌 무역 및 고급 응용 분야에 적용 가능하며 성능 일관성 및 인증 요구 사항을 강조합니다.

국내 표준: 보다 비용 효율적이고 실용적인 생산으로 국내 중소기업 및 일반 산업 응용 분야에 적합합니다.

산업 표준: 특정 분야(예: 항공, 원자력 산업)에 대한 더 높은 요구 사항으로 고정밀 및 까다로운 환경에 적합합니다.

7.3.2 생산 공정에서 표준의 지도 역할

국내외 표준은 명확한 성능 지표 및 테스트 방법을 통해 이트륨 텅스텐 전극의 생산 공정에 대한 중요한 지침을 제공합니다.

원료 준비: 이 표준은 고순도 텅스텐($\geq 99.5\%$)과 산화이트륨($\geq 99.99\%$)을 요구하므로 제조업체는 고급 정제 장비(예: 용매 추출, 분무 건조) 및 품질 검사 방법(예: ICP-MS)을 채택해야 합니다.

도핑 및 소결: 이트륨 산화물 분포 균일성(편차 $\leq \pm 0.1\%$)에 대한 표준의 요구 사항은 전극의 미세 구조 일관성을 보장하기 위해 스프레이 도핑 및 진공 소결 기술의 적용을 주도합니다.

가공 및 성형: 표준 치수 공차($\pm 0.05\text{mm}$) 및 표면 거칠기($Ra < 0.4\mu\text{m}$)로 인해 제조업체는 가공 정확도를 향상시키기 위해 정밀 인신 기계와 CNC 연삭 장비를 사용해야 합니다.

품질 관리: 표준에서 요구하는 여러 테스트(예: 아크 안정성, 소진율)로 인해 제조업체는 포괄적인 품질 관리 시스템을 구축하기 위해 SEM, XRF 및 기타 테스트 장비를 도입하게 되었습니다.

예를 들어, ISO 6848 의 소진율 요구 사항($< 0.2\text{mg/min}$)은 정밀한 온도 제어($\pm 5^\circ\text{C}$) 및 대기 관리(산소 함량 $< 10\text{ppm}$)를 통해 고온 소결로의 최적화를 주도합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com
Phone: +86 592 5129595; 592 5129696
Website: www.tungsten.com.cn

7.3.3 응용 시나리오에 대한 표준의 규범적 역할

이 표준은 성능 및 안전 요구 사항을 통해 다양한 응용 시나리오에서 이트륨 텅스텐 전극의 사용을 규제합니다.

항공우주: ISO 6848 및 AWS A5.12 는 전극이 고전류(>200A) 및 진공 환경에서 우수한 아크 안정성과 낮은 휘발성을 갖도록 요구하여 티타늄 및 니켈 기반 합금 용접의 높은 강도와 기밀성을 보장합니다.

원자력 산업: GB/T 4192 및 산업 표준에 따라 전극은 비방사성 및 내식성이어야 하며 원자로 압력 용기 용접에 적합하며 고온 및 고압에서 용접이 실패하는 것을 방지해야 합니다.

자동차 제조: JB/T 12706 의 유연한 크기 요구 사항은 비표준 전극의 맞춤화를 지원하여 차체 시트 용접의 다양한 요구 사항을 충족합니다.

마이크로일렉트로닉스: 미세 전극(직경 0.5~1.0mm)의 정밀도에 대한 표준 요구 사항은 마이크로 용접의 정확성을 보장하기 위해 CNC 연삭 및 전기화학적 연마 기술의 적용을 촉진했습니다.

이 표준은 또한 운송 중 손상 위험을 줄이기 위해 방습 및 충격 방지 포장과 명확한 라벨링을 요구하는 등 전극의 포장, 보관 및 운송 요구 사항을 지정합니다.

7.4 이트륨 텅스텐 전극의 표준 개발 동향

신소재, 신공정 및 환경 보호 요구 사항의 지속적인 개발로 이트륨 텅스텐 전극에 대한 표준도 산업 요구와 기술 발전을 충족하기 위해 지속적으로 업데이트됩니다.

7.4.1 새로운 재료 및 공정이 표준에 미치는 영향

나노 규모 도핑 기술: 나노 이트륨 산화물(입자 크기 10~100nm)을 적용하면 전극의 아크 안정성과 소손 저항성이 향상됩니다. 향후 표준에서는 나노 도핑 전극(예: WY-Nano)의 분류를 추가하고 더 엄격한 입자 크기 분포(편차 $\leq \pm 10\text{nm}$) 및 성능 테스트 방법(예: TEM 분석)을 지정할 수 있습니다.

복합 도핑 전극: 이트륨 텅스텐 전극과 같은 것은 포괄적인 성능을 향상시키기 위해 산화란탄 또는 산화세륨(예: WX4)을 복합 도핑합니다. 표준에서는 크리프 저항(크리프 속도 $<10^{-6} \text{ s}^{-1}$) 및 열이온 방출 효율과 같은 복합 도핑 전극에 대한 분류 및 성능 지표를 도입할 수 있습니다.

고급 제조 공정: 방전 플라즈마 소결(SPS)과 스마트 제조 기술을 적용하면 전극의 밀도(>99%)와 일관성이 향상됩니다. 향후 표준에서는 SPS 전극의 입자 크기($<5\mu\text{m}$) 및 결합률(<0.5%)에 대한 요구 사항이 증가할 수 있습니다.

이러한 새로운 기술과 재료에는 새로운 전극의 성능을 검증하기 위해 고해상도 TEM 분석 및 실시간 아크 성능 모니터링 추가와 같은 테스트 방법을 업데이트하기 위한 표준이 필요합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

7.4.2 환경 보호 및 안전 표준 업데이트

환경 보호 및 안전 요구 사항은 표준 업데이트의 중요한 동인입니다. 토륨 텅스텐 전극의 방사능은 이트륨 텅스텐 전극의 광범위한 적용을 촉진했으며 향후 표준은 환경 보호 및 안전 사양을 더욱 강화할 것입니다.

무방사능 인증: 표준에 따라 제조업체는 전극이 국제노동기구(ILO) 및 세계보건기구(WHO) 표준을 충족하는지 확인하기 위해 무방사능 인증서(예: 감마선 테스트 보고서)를 제공하도록 요구할 수 있습니다.

폐기물 재활용 사양: 향후 표준에서는 환경 오염을 줄이기 위해 이트륨 텅스텐 전극 및 폐기물 처리 공정의 재활용률(>90%)을 지정할 수 있습니다.

산업 보건 요구 사항: 이 표준은 작업자의 건강을 보호하기 위해 용접 연기 배출 제한(예: <0.1mg/m³) 및 작동 보호 요구 사항(예: 강제 환기 및 보호 장비)을 추가할 수 있습니다.

또한, 글로벌 환경 규제(예: EU RoHS 지침)가 강화됨에 따라 표준에서는 전극 생산 공정의 에너지 소비 및 폐액 배출이 특정 제한을 충족하도록 요구하여 녹색 제조 기술의 적용을 촉진할 수 있습니다.



저작권 및 법적 책임 선언문

8 장 이트륨 텅스텐 전극의 검출 기술

고성능 용접 재료로서 이트륨 텅스텐 전극의 품질은 용접 효과와 적용 신뢰성에 직접적인 영향을 미칩니다. 검출 기술은 화학 성분, 물리적 특성, 전기적 특성, 미세 구조 및 환경 안전성에 대한 종합적인 평가를 통해 전극이 국제 및 국내 표준(예: ISO 6848, AWS A5.12, GB/T 4192)을 준수하는지 확인합니다. 이 장에서는 화학, 물리학, 전기, 미세 구조 및 환경 안전을 다루는 이트륨 텅스텐 전극의 검출 기술에 대해 자세히 논의하고 관련 장비 및 실험 기술을 소개합니다.

8.1 이트륨 텅스텐 전극의 화학 성분 검출

화학 성분 테스트는 이트륨 텅스텐 전극 품질 관리의 핵심으로, 고온 아크 환경에서 전극의 안정성과 성능을 보장하기 위해 산화 이트륨 함량, 불순물 원소 및 성분 분포의 균일성에 중점을 둡니다.

8.1.1 산화이트륨 함량의 정확한 측정

이트륨 산화물(Y_2O_3) 함량은 이트륨 텅스텐 전극(WY20)의 핵심 지표이며 표준은 1.8%~2.2%(질량 분율)의 함량을 요구하며 편차는 $\leq \pm 0.1\%$ 입니다. 이트륨 산화물 함량을 정확하게 측정하려면 매우 민감한 분석 기술이 필요합니다.

유도 결합 플라즈마 질량 분석법(ICP-MS)

ICP-MS 는 샘플의 플라즈마 이온화에 의해 이트륨의 질량 분율을 검출하며, 검출 한계는 $< 1\text{ppb}$, 정확도는 $\pm 0.01\%$ 입니다. 샘플은 질산 또는 불화수소산으로 용해되어야 하며 분석 시간은 약 5 분입니다. ICP-MS 는 고정밀 실험실 분석을 위해 텅스텐 및 이트륨 산화물 수준을 모두 감지 할 수 있습니다. 장점: 미량 원소 분석에 적합한 고감도; 단점: 복잡한 시료 준비 및 높은 장비 비용.

X 선 형광 분광법(XRF)

XRF 는 X 선으로 시료 표면을 여기시키고, 이트륨과 텅스텐의 특징적인 형광 강도를 분석하며, $\pm 0.05\%$ 의 정확도로 이트륨 산화물 함량을 측정합니다. XRF 는 분석 시간이 < 1 분인 비파괴 검사로 생산 라인에서 신속한 검사에 적합합니다. 장점: 빠르고 무손실; 단점: 가벼운 원소에 덜 민감합니다.

화학적 적정법

화학적 적정은 산-염기 반응 또는 착화 반응에 의해 이트륨 함량을 $0.1\% \pm$ 정확도로 측정합니다. 이 방법은 전통적이지만 비용이 저렴하고 조작이 간단하여 중소기업에 적합합니다. 장점: 저렴한 비용, 작동하기 쉬운; 단점: 정확도가 낮고 시간이 오래 걸립니다.

산화이트륨 함량이 대표적인지 확인하기 위해 측정 과정에서 여러 샘플(최소 3 개의 다른 위치)을 채취했습니다. 이 표준은 일관된 전극 성능을 보장하기 위해 $\leq \pm 0.1\%$ 의 편차를 요구합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

8.1.2 불순물 원소 및 미량 분석

불순물 원소(예: 철, 규소, 탄소, 칼슘)는 이트륨 텅스텐 전극의 아크 안정성 및 소진율에 상당한 영향을 미치며 표준에서는 총 불순물 함량이 <0.05%를 요구합니다. 미량 분석에는 매우 민감한 장비를 사용해야 합니다.

ICP-MS

ICP-MS 는 <0.1ppb 의 검출 한계로 광범위한 불순물 원소(Fe, Si, C, Ca 등)를 검출할 수 있어 미량 분석에 적합합니다. 샘플을 완전히 용해시켜야 하며 분석 시간은 약 5~10 분입니다. 장점: 여러 요소의 동시 감지, 높은 정확도; 단점: 복잡한 시료 준비.

글로우 방전 질량 분석법(GD-MS)

GD-MS 는 검출 한계 0.01ppb <로 미량 원소를 분석하기 위해 글로우 방전에 의해 시료 표면을 이온화하는 데 사용되었습니다. 이 장치는 샘플을 용해시킬 필요 없이 고체 전극을 직접 분석하는 데 적합합니다. 장점: 고감도, 무손실; 단점: 고가의 장비와 복잡한 작업.

원자 흡수 분광법(AAS)

AAS 는 검출 한계가 < 1ppm 이고 정확도가 0.1%인 특정 불순물 원소(예: Fe, Ca)를 검출하는 데 사용됩니다. 이 방법은 단일 원소 분석에 적합하며 비용이 적게 듭니다. 장점: 저렴한 비용, 간단한 조작; 단점: 요소를 하나씩 감지하고 효율성이 낮습니다.

불순물 분석은 국부적 농축이 없도록 전극의 단면과 표면을 덮습니다. 이 표준은 아크 드리프트 또는 소손 증가를 방지하기 위해 50ppm 의 철 <, 20ppm 의 실리콘 < 및 10ppm 의 탄소 <를 요구합니다.

8.1.3 성분 분포의 균일성 감지

산화이트륨의 균일한 분포는 전극의 아크 안정성과 기계적 특성에 직접적인 영향을 미칩니다. 검출 방법은 전극 내부 및 표면의 조성 분포를 평가합니다.

에너지 분산 분광법(EDS)

주사 전자 현미경 (SEM) 과 결합 된 EDS 는 < 1 μm 의 해상도와 $\pm 0.05\%$ 의 정확도로 X- 선 에너지 분광법에 의해 전극 단면의 원소 분포를 분석합니다. 검출 영역은 전극의 중심과 가장자리를 덮고 산화 이트륨의 분포 균일성을 분석합니다. 장점: 요소 분포의 직관적인 표시; 단점: 피상적이거나 얇은 분석으로 제한됩니다.

전자 프로브 미세분석(EPMA)

EPMA 는 전자 빔 여기를 사용하여 이트륨과 텅스텐의 2 차원 분포를 0.1 μm < 해상도와 $\pm 0.01\%$ 의 정확도로 분석합니다. 이 장비는 여러 마이크론의 감지 깊이로 고정밀 분석에 적합합니다. 장점: 복잡한 샘플에 적합한 고해상도; 단점: 고가의 장비, 긴 분석 시간.

X 선 단층촬영(XCT)

XCT 는 X 선으로 전극 내부를 스캔하여 해상도 1 μm < 3D 구성 맵을 생성합니다. 이 장치는 이트륨 산화물의 응집 또는 분리를 감지 할 수 있으며 비파괴 분석에

저작권 및 법적 책임 선언문

적합합니다. 장점: 3D 비파괴 검사; 단점: 높은 장비 비용 및 복잡한 데이터 처리.

균일성 테스트에서는 산화이트륨의 함량이 $\leq \pm 0.1\%$, 국부응집 면적 $< 5\%$ 를 벗어나야 했습니다. 결과는 도핑 및 소결 공정의 최적화를 안내합니다.

8.2 이트륨 텅스텐 전극의 물리적 특성

물리적 특성 테스트는 이트륨 텅스텐 전극의 밀도, 경도, 기계적 특성, 표면 품질 및 고온 특성을 평가하여 용접 공정 중 안정성과 내구성을 보장합니다.

8.2.1 밀도, 경도 및 기계적 성질 시험

밀도 테스트

밀도는 전극 밀도를 측정하는 핵심 지표이며, 표준에서는 이론 밀도($19.1 \sim 19.3 \text{g/cm}^3$)에 가까워야 합니다. 아르키메데스 배수 방법은 고정밀 전자 저울(정확도 $\pm 0.001 \text{g}$)을 사용하여 공기와 물 속에서 전극의 질량을 측정하여 밀도를 계산합니다. 장점: 간단하고 정확합니다. 단점: 일관성을 보장하기 위해 여러 측정이 필요합니다. 현대 공장에서는 또한 X 선 밀도계를 사용하여 $0.01 \text{g/cm}^3 \pm$ 정확도로 샘플을 파괴하지 않고 X 선 흡수 강도로 밀도를 측정합니다.

경도 시험

비커스 경도(HV) 시험은 비커스 경도 시험을 사용하고 1050N의 하중을 가하고 전극 단면의 경도를 측정하며 목표 값은 400450HV입니다. 테스트 포인트는 전극의 중앙과 가장자리를 덮어 균일성을 보장합니다. 장점: 고정밀, 재료 강도 반영; 단점: 평평한 샘플을 준비해야 합니다.

기계적 성질 시험

인장 및 굽힘 강도 시험은 목표 인장 강도 $> 1000 \text{MPa}$, 굽힘 강도 $> 800 \text{MPa}$ 로 인장 또는 3점 굽힘 하중이 가해지는 만능 재료 시험기를 사용합니다. 시험은 전극의 변형 저항성을 평가하기 위해 실온 및 고온(1000°C)에서 수행되었습니다. 장점: 기계적 성질의 종합적인 평가; 단점: 고온 테스트 장비가 복잡합니다.

8.2.2 표면 품질 및 치수 정확도 테스트

표면 거칠기 시험

표면 거칠기($Ra < 0.4 \mu\text{m}$)는 전극 표면의 굽힘, 산화물 또는 개재물을 감지하기 위해 접촉 프로파일러 또는 레이저 표면 스캐너로 측정됩니다. 장치의 해상도 $< 0.01 \mu\text{m}$ 이고 스캔 길이는 $2 \sim 5 \text{mm}$ 입니다. 장점: 고정밀, 생산 라인 검사에 적합합니다. 단점: 정기적인 보정이 필요합니다.

치수 정확도 검사

치수 정확도(직경 $\pm 0.05 \text{mm}$, 길이 $\pm 1 \text{mm}$)는 고정밀 레이저 직경 게이지 또는 디지털 캘리퍼스를 사용하여 측정됩니다. 레이저 직경 게이지는 레이저 빔을 통해 $\pm 0.01 \text{mm}$ 의 정확도로 전극 직경을 스캔하여 배치 검사에 적합합니다. 장점: 빠르고 무손실; 단점: 장비 비용이 높습니다.

현미경 검사

광학 현미경(배율 100~500×)은 10μm 깊이< 표면 균열, 기공 또는 개재물을 검사하는데 사용됩니다. 심각한 결함(예: 균열 길이>0.1mm)은 거부해야 합니다. 장점: 직관적이고 간단합니다. 단점: 표면 검사로 제한됩니다.

8.2.3 고온 물성 시험

고온 성능 테스트는 용접 환경(>2000°C)에서 전극의 안정성을 평가합니다.

고온 재결정 온도

이 시험은 고온로(2000~2500°C)를 사용하여 전극을 가열하고, 시차 주사 열량계(DSC)와 결합하여 재결정 온도를 측정하고, 목표 온도> 2000°C 로 측정합니다. 테스트는 산화에 대한 아르곤 보호 하에 수행됩니다. 장점: 고온 안정성을 정확하게 반영합니다. 단점: 긴 테스트 시간.

열팽창 계수 시험

열 팽창계는 20~1000°C 에서 전극의 열팽창 계수를 측정하며 목표는 약 $4.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 입니다. 이 장치는 레이저 간섭계에 의해 $0.1 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ± 정확도로 치수 변화를 기록합니다. 장점: 높은 정밀도; 단점: 고온 장비 지원이 필요합니다.

열전도율 테스트

전극의 열전도율은 레이저 플래시 방식(목표 $174 \text{ W/m} \cdot \text{K}$)으로 측정하였고, 고온 레이저 플래시 분석기를 사용하여 20~1000°C 의 온도 범위를 테스트하였다. 장점: 빠르고 정확합니다. 단점: 고가의 장비.

8.3 이트륨 텅스텐 전극의 전기적 특성 감지

전기적 성능 테스트는 이트륨 텅스텐 전극의 전자 방출 능력, 아크 안정성 및 고전류 저항을 평가하여 TIG 및 플라즈마 아크 용접에서의 성능을 보장합니다.

8.3.1 전자 탈출 작업 및 열이온 방출 테스트

전자 탈출 작업 테스트

전자 탈출 작업(목표 2.5~2.7eV)은 광전자 분광법(PES) 또는 열이온 방출 장치로 측정됩니다. PES 는 자외선을 사용하여 전자를 여기시키고 탈출한 에너지를 분석합니다. 열이온 방출 장치는 진공 환경에서 전극(1000~1500°C)을 가열하고 방출 전류를 측정합니다. 장점: 전자 방출 능력의 정확한 측정; 단점: 장비가 복잡하고 진공 환경이 필요합니다.

열이온 방출 테스트

열이온 방출 시험은 시뮬레이션된 용접 조건(전류 50~200A, 진공 또는 아르곤 환경)에서 수행되었고 방출 전류 밀도(목표 $> 10 \text{ A/cm}^2$)는 고주파 전원 공급 장치와 전류계를 사용하여 측정되었습니다. 장점: 용접 성능을 직접 반영합니다. 단점: 테스트 조건을 엄격하게 제어해야 합니다.

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com
Phone: +86 592 5129595; 592 5129696
Website: www.tungsten.com.cn

8.3.2 아크 개시 성능 및 아크 안정성 테스트

아크 개시 성능 테스트

아크 성능 테스트는 TIG 용접기(전류 50~200A, 아르곤 유량 10~15L/min)를 사용하여 아크 전압(<15V)과 아크 시작 시간(<0.1 초)을 측정했습니다. 이 장비에는 고주파 점화 장치 (high-frequency ignition device) 와 스펙트럼 분석기 (spectrum analyzer) 가 장착되어 있어 아크 광도 및 점화 속도를 기록합니다. 장점: 용접 환경의 현실적인 시뮬레이션; 단점: 표준 용접기 지원이 필요합니다.

아크 안정성

테스트 아크 안정성 테스트는 100~300A 전류에서 수행되며 아크 드리프트 속도(목표<5%) 및 전압 변동(<±1V)을 기록합니다. 이 장치는 고속 카메라 (프레임 속도 > 1000fps) 를 사용하여 아크 형태를 관찰하고 전압/전류 레코더와 함께 안정성을 분석합니다. 장점: 아크 품질을 직관적으로 반영합니다. 단점: 고가의 테스트 장비.

8.3.3 고전류 조건에서의 소진을 테스트

소진을 테스트는 전극 질량 손실(목표 < 0.2mg/min)을 측정하기 위해 200A DC 에서 1 시간 동안 수행되었습니다. 이 장비에는 고정밀 전자 저울(정확도 ±0.01mg) 및 TIG 용접기가 포함되며 테스트는 아르곤 보호 하에 수행됩니다. 장점: 전극 수명의 직접 평가; 단점: 긴 테스트 주기. 고온 소진 테스트(>300A)는 또한 플라즈마 아크 용접기를 사용하여 극한 조건에서 전극의 내구성을 평가합니다.

8.4 이트륨 텅스텐 전극의 미세 구조 검출

미세 구조 감지는 전극의 입자 크기, 산화 이트륨 분포 및 내부 결함을 평가하여 기계적 및 전기적 특성을 보장합니다.

8.4.1 입자 구조 및 크기 분석

주사 전자 현미경(SEM)

SEM 은 전극 단면의 입자 구조를 관찰하는 데 사용되었으며, 표적 입자 크기는 510μm 이고 해상도는 1nm< 있습니다. 샘플은 1000~5000×의 배율로 연마 및 에칭해야 합니다. 장점: 고해상도, 곡물 형태의 직관적인 표시; 단점: 복잡한 시료 준비.

광학 현미경

광학 현미경(배율 200~1000×)은 입자 크기 및 분포를 신속하게 분석하는 데 사용되며 생산 라인의 예비 검사에 적합합니다. 장점: 간단한 조작과 저렴한 비용; 단점: SEM 보다 해상도가 낮습니다.

8.4.2 이트륨 산화물 입자의 분포 및 상 분석

에너지 분산 분광법(EDS)

SEM 과 결합된 EDS 는 1μm< 분해능으로 이트륨 산화물 입자의 분포를 분석했습니다. 감지는 전극의 단면을 덮고 목표 분포 편차는 <± 0.1%입니다. 장점: 요소 분포의 직관적인 표시; 단점: 표면 분석으로 제한됩니다.

X 선 회절(XRD)

XRD 는 전극의 상 조성을 분석하여 WO_3 또는 기타 산화상이 없음을 확인했습니다. 이 장치는 스캐닝 각도가 $10\sim 90^\circ$ 이고 $\pm$ 해상도가 0.01° 인 Cu K α 광선을 사용합니다. 장점: 비파괴 검사 단계 구조; 단점: 전문적인 데이터 분석이 필요합니다.

8.4.3 내부 결함(균열, 다공성) 감지

X 선 단층촬영(XCT)

XCT 는 전극의 3 차원 이미지를 생성하여 $1\ \mu m <$ 해상도로 내부 균열과 기공을 감지합니다. 이 장비는 감지 깊이가 수 밀리미터인 비파괴 분석에 적합합니다. 장점: 3D 비파괴 검사; 단점: 고가의 장비와 복잡한 데이터 처리.

초음파 테스트

초음파 감지는 고주파 음파($5\sim 20MHz$)로 전극 내부를 스캔하여 $\pm 0.1mm$ 의 정확도로 균열과 기공을 감지합니다. 이 장비는 대용량 신속 검사에 적합합니다. 장점: 빠르고 무손실; 단점: 사소한 결함에 덜 민감합니다.

8.5 이트륨 텅스텐 전극의 환경 및 안전 테스트

환경 및 안전 테스트를 통해 이트륨 텅스텐 전극이 방사성이 없고 독성이 낮으며 지속 가능하며 환경 및 산업 보건 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.

8.5.1 비방사성 인증

이트륨 텅스텐 전극의 비방사능은 토륨 텅스텐 전극에 비해 주요 장점입니다. 탐지 방법은 다음과 같습니다.

감마선 감지

전극의 방사능 수준은 감마선 검출기(감도 $<0.01\mu Sv/h$)를 사용하여 측정하여 α 선, β 선 또는 γ 선이 없는지 확인합니다. 테스트는 차폐된 챔버에서 24 시간 동안 수행되었습니다. 장점: 안전을 보장하는 고감도; 단점: 고가의 장비.

방사성 핵종 분석

전극의 방사성 핵종(예: Th-232, U-238)은 고순도 게르마늄 검출기를 사용하여 분석되었으며 검출 한계는 $0.1Bq/g$ 이었습니다. 장점: 미량 방사능의 정확한 검출; 단점: 분석 시간이 길다.

테스트 결과는 국제노동기구(ILO) 및 세계보건기구(WHO) 표준을 충족하여 전극에 방사능이 없음을 증명해야 합니다.

8.5.2 환경 영향 및 재활용성 평가

환경 영향 테스트

환경 영향 테스트는 전극 생산 및 사용 중 배출량(예: 폐액, 그을음)을 평가합니다. 용접 연기 농도(목표 $< 0.1\ mg/m^3$)는 가스 분석기를 사용하여 측정하고 폐액 중의 중금속은 액체 크로마토그래피(HPLC)로 분석했습니다. 장점: 환경 영향에 대한 포괄적인 평가; 단점: 협력하려면 여러 장비가 필요합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

복구 평가

회복 테스트는 고온 용융 및 화학적 정제에 의한 전극의 회복을 평가합니다(목표 > 90%). 이 장비에는 텅스텐 및 이트륨 산화물의 회수 효율을 테스트하기 위해 전기 아크 로와 용매 추출 시스템이 포함됩니다. 장점: 순환 경제를 지원합니다. 단점: 재활용 과정이 복잡합니다.

8.5.3 산업 보건 및 안전 테스트

용접 연기 감지

용접 중 그을음의 농도는 미립자 물질 샘플러를 사용하여 $0.1\text{mg}/\text{m}^3 <$ 목표로 측정되었습니다. 장비에는 고효율 필터가 장착되어 있으며 샘플링 시간은 1~2 시간입니다. 장점: 건강 위험에 대한 직접적인 평가; 단점: 현장 테스트가 필요합니다.

아크 광 감지

아크광(파장 200~400nm)의 UV 강도는 눈과 피부에 대한 잠재적 피해를 평가하기 위해 분광계를 사용하여 측정됩니다. 테스트는 표준 TIG 용접 조건에서 수행됩니다. 장점: 운영자를 보호하십시오. 단점: 전문 보호 장비가 필요합니다.

8.6 이트륨 텅스텐 전극의 테스트 기술 및 장비

8.6.1 일반적인 테스트 장비 및 원리

ICP-MS: 플라즈마 이온화 및 질량 분석법에 의한 화학 성분 검출 정확도 $0.01\% \pm$.

XRF: X 선 형광으로 원소 함량을 분석하여 신속한 비파괴 검출에 적합합니다.

SEM/EDS: 전자빔 이미징 및 에너지 분광법을 통해 미세 구조 및 원소 분포를 감지합니다.

XRD: 유해한 산화상이 없는지 확인하기 위한 상 조성의 X 선 회절 분석.

XCT: X 선 스캐닝을 통해 3D 이미지를 생성하여 내부 결함을 감지합니다.

비커스 경도 시험기: 압입으로 경도를 측정하고 기계적 성질을 평가합니다.

레이저 직경 게이지: 레이저 스캐닝으로 측정한 치수 정확도, 정확도는 $0.01\text{mm} \pm$.

8.6.2 고급 탐지 기술(AI 지원, 현장 분석 등)

AI 지원 감지

AI 기술은 머신러닝 알고리즘을 통해 SEM, XRF, XRD 데이터를 분석하여 전극 성능(예: 소진율, 아크 안정성)을 예측합니다. 이 시스템은 과거 데이터를 기반으로 감지 매개변수를 최적화하며 결함 인식률 > 95%입니다. 장점: 효율성 향상, 수동 오류 감소; 단점: 많은 훈련 데이터가 필요합니다.

현장 분석 기술

현장 분석은 고온로와 SEM/TEM 을 결합하여 고온(>2000°C)에서 전극의 미세 구조 변화를 실시간으로 관찰합니다. 이 장비에는 고온 샘플 스테이지와 해상도 < 1 nm 의 동적 이미징 시스템이 장착되어 있습니다. 장점: 고온 성능을 직관적으로 반영합니다. 단점: 복잡한 장비와 높은 비용.

온라인 스펙트럼 분석

온라인 스펙트럼 분석기는 아크 스펙트럼을 실시간으로 모니터링하여 아크 안정성 및 불순물 휘발성을 평가하며, 분석 시간은 < 0.1 초입니다. 장점: 생산 라인 모니터링에 적합한 빠른 피드백; 단점: 고정밀 분광계가 필요합니다.

이러한 첨단 기술은 검사 효율성과 정확성을 향상시켜 이트륨 텅스텐 전극 품질 관리의 지능적인 개발을 촉진합니다.



9 장 이트륨 텅스텐 전극에 대한 사용자 일반적인 문제 및 솔루션

이트륨 텅스텐 전극(WY20)은 우수한 아크 안정성, 낮은 소진율 및 비방사성 특성으로 인해 TIG 용접, 플라스마 아크 용접 및 비용접 응용 분야에 널리 사용됩니다. 그러나 사용자는 사용 중 불안정한 아크, 급격한 팁 소손, 아크 발생 어려움 등의 문제에 직면할 수 있습니다. 이 장에서는 이러한 문제의 원인을 자세히 분석하고 사용자가 용접 성능과 전극 수명을 최적화하는 데 도움이 되는 대상 솔루션을 제공합니다.

9.1 이트륨 텅스텐 전극의 아크 불안정성의 가능한 원인

아크 불안정성은 이트륨 텅스텐 전극 사용에서 흔히 발생하는 문제로, 아크 드리프트, 간헐성 또는 용접 풀 제어의 어려움으로 나타나 용접 품질이 저하될 수 있습니다. 다음은 전극 팁 형상, 전류 매개변수, 차폐 가스 및 표면 오염의 네 가지 측면에서

저작권 및 법적 책임 선언문

원인을 분석합니다.

9.1.1 부적절한 전극 팁 형상

이유: 전극 팁의 형상(예: 각도, 반경)은 아크의 농도와 안정성에 직접적인 영향을 미칩니다. 이트륨 텅스텐 전극의 팁 각도는 일반적으로 $15^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 이고 팁 반경은 0.1 ~ 0.5 mm 입니다. 각도가 너무 작으면($<15^{\circ}$) 아크가 너무 집중되어 팁이 과열될 수 있습니다. 각도가 너무 크면($>60^{\circ}$) 아크가 분산되어 안정성이 떨어집니다. 또한 팁이 고르지 않거나 버가 있으면 아크 이동이 발생할 수 있습니다.

용액:

권장 각도는 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 이고 팁 반경은 0.2~0.3mm 로 CNC 연삭기를 사용하여 팁을 정밀하게 가공하여 대부분의 TIG 용접 시나리오에 적합합니다.

정기적으로 팁 모양을 확인하고 다이아몬드 연삭 휠을 사용하여 연삭하여 매끄럽고 버가 없는 표면을 확보하십시오.

용접 재료에 따라 각도를 조정하십시오: 티타늄 합금(심침입 용접)의 경우 30° , 스테인리스강(중간 침투 깊이)의 경우 45° .

연삭 후 현미경(100× 배율)을 사용하여 팁을 검사하여 미세 균열이나 불규칙한 모양이 없는지 확인합니다.

예방 조치:

최첨단 연삭 및 교육 운전자를 위한 표준 운영 절차(SOP)를 수립합니다.

일관된 연삭 각도를 보장하기 위해 특수 연삭 고정 장치를 사용하십시오.

9.1.2 전류 유형 및 매개변수 설정 문제

이유: 전류 유형(DC 양극성 DCEN, DC 역극성 DCEP 또는 AC AC) 및 매개변수 설정은 아크 안정성에 상당한 영향을 미칩니다. 이트륨 텅스텐 전극은 전류 범위가 50~300A 인 DC 양극성(DCEN) 또는 AC 용접에 적합합니다. DCEP 를 사용하면 전극 팁이 과열되어 아크 드리프트가 쉽게 발생할 수 있습니다. 전류가 너무 높으면($>300A$) 전극 소손이 악화됩니다. 전류가 너무 낮으면($<50A$) 아크의 안정성을 유지하기 어렵습니다.

용액:

DCEN 이 선호되며 전류는 100~200A 로 제어되며 티타늄 합금 및 스테인리스강 용접에 적합합니다.

AC 용접(예: 알루미늄 합금)의 경우 주파수 50~150Hz 의 구형파 AC 전원 공급 장치를 사용하고 50%~70%에서 균형 제어를 사용하여 팁 과열을 줄입니다.

공작물의 두께에 따라 전류를 조정합니다: 얇은 판($<2mm$)의 경우 50~100A, 두꺼운 판($>5mm$)의 경우 150~250A 입니다.

펄스 TIG 용접을 사용하면 펄스 주파수가 110Hz 이고 피크 전류가 기본 전류보다 20%~30% 높아 아크 안정성이 향상됩니다.

예방 조치:

용접 매개변수 데이터베이스를 사용하여 재료와 두께에 따라 최적의 전류 설정을

저작권 및 법적 책임 선언문

선택합니다.

안정적인 전류 출력을 보장하기 위해 용접기를 정기적으로 교정하십시오.

9.1.3 차폐가스의 품질 또는 유량 부족

원인: 차폐 가스(보통 아르곤 또는 헬륨)의 질량과 유량은 아크 환경에 직접적인 영향을 미칩니다. 아르곤 가스는 순도 99.99%이고 산소 함량은 $10\text{ppm} < \geq$ 해야 합니다. 가스에 불순물(예: 산소, 수증기)이 포함되어 있으면 전극 표면이 산화되어 아크가 불안정해질 수 있습니다. 유량이 부족하면($<8\text{L/min}$) 아크가 공기에 노출될 수 있고, 과도한 유속($>20\text{L/min}$)은 아크를 방해할 수 있는 난류를 유발할 수 있습니다.

용액:

고순도 아르곤(99.999%)을 사용하며, 수증기와 산소를 제거하는 가스 필터를 장착하고 있습니다.

가스 유량을 조정합니다: 박판 용접의 경우 $8\sim12\text{L/min}$, 후판 용접의 경우 $12\sim15\text{L/min}$. 가스 라인을 검사하여 누출이나 오염이 없는지 확인하고 유량계를 사용하여 유량을 정밀하게 제어하십시오.

고정밀 용접에서는 아르곤-헬륨 혼합물(비율 3:1)을 사용하여 아크 온도와 안정성을 향상시킬 수 있습니다.

예방 조치:

가스 분석기를 사용하여 정기적으로 가스 순도를 테스트합니다(검출 한계 $<1\text{ppm}$).

가스 저장고를 설정하고 가스의 습기나 오염을 방지하기 위해 사양을 사용하십시오.

9.1.4 전극 표면의 오염 또는 산화

원인: 전극 표면 오염(예: 오일, 먼지) 또는 산화(WO_3 형성)는 전자 방출을 방해하여 아크 불안정성을 초래할 수 있습니다. 오염은 불결한 보관 환경이나 부적절한 취급으로 인해 발생할 수 있으며, 산화는 일반적으로 전극이 공기나 고온에 노출될 때 발생합니다.

용액:

무수 에탄올이나 아세톤을 사용하여 전극 표면을 청소하고 초음파 세척기(주파수 $20\sim40\text{kHz}$)를 사용하여 오일 및 산화물 층을 제거합니다.

전극 팁을 연마하여 산화물 층을 제거하고 표면 마감($Ra < 0.4\mu\text{m}$)을 복원합니다.

전극을 밀봉된 포장에 보관하고 건조하고 통풍이 잘되는 환경(습도 $<60\%$)에 보관하십시오.

용접하기 전에 전극 표면을 검사하고 광학 현미경(배율 $50\times$)을 사용하여 오염이나 산화의 흔적이 없는지 확인하십시오.

예방 조치:

전극 보관 및 사용에 대한 사양을 설정하여 오일이나 습기와의 접촉을 피하십시오.

전극이 공기에 노출되지 않도록 용접 과정에서 보호 가스를 지속적으로 공급하십시오.

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com
Phone: +86 592 5129595; 592 5129696
Website: www.tungsten.com.cn

9.2 이트륨 텅스텐 전극 팁의 급속 연소 원인 및 대책

급격한 팁 소손은 전극 팁의 빠른 마모 또는 녹아 수명이 단축되는 것으로 나타나는 사용자들 사이에서 흔히 발생하는 문제입니다. 다음은 그 이유와 대책에 대한 분석입니다.

9.2.1 과도한 전류 또는 잘못된 극성 선택

원인: 과도한 전류(>300A) 또는 잘못된 극성(예: DCEP)으로 인해 팁이 과열되어 소손이 가속화될 수 있습니다. 이트륨 텅스텐 전극의 소진율은 DCEN 조건에서 약 0.1~0.2mg/min 이지만 DCEP 또는 고전류에서는 0.5mg/min 이상으로 증가할 수 있습니다.

용액:

DCEN 을 사용하면 팁의 과열을 방지하기 위해 전류가 100~250A 로 제어됩니다.

AC 용접의 경우 균형 제어(순방향 시간 <30%)를 조정하여 팁 가열 시간을 줄입니다.

고전류 시나리오(>200A)에서는 열용량을 늘리기 위해 더 큰 직경의 전극(3.2~4.8mm)이 사용됩니다.

용접기의 출력을 모니터링하고 전류 로거를 사용하여 급격한 변화 없이 안정적인 전류를 보장합니다.

예방 조치:

ISO 6848 표준을 참조하여 용접 재료에 따라 적절한 전류와 극성을 선택하십시오.

스마트 용접기를 사용하여 전류가 자동으로 조정되어 전극을 보호합니다.

9.2.2 팁 연삭 각도 및 표면 처리 최적화

원인: 팁 각도(<15°)가 너무 작거나 표면이 거칠다($Ra > 0.4\mu m$)하면 전류 밀도가 과도하게 높아져 소손이 가속화될 수 있습니다. 고르지 않은 연삭은 국부적인 핫스팟을 생성하여 팁 용해를 악화시킬 수 있습니다.

용액:

팁을 30°~45°로 연마하고 팁 반경은 0.2~0.3mm 이며 다이아몬드 연삭 휠을 사용하여 표면이 매끄럽습니다.

전기화학적 연마(황산-인산 전해질, 전압 5~15V)를 사용하여 표면 거칠기를 $Ra < 0.4\mu m$ 로 낮춥니다.

연삭 품질을 확인하고 현미경(배율 100×)을 사용하여 팁에 버나 미세 균열이 없는지 확인합니다.

팁을 정기적으로 다시 연마하고 용접 1~2 시간마다 점검하십시오.

예방 조치:

CNC 연삭기를 사용하여 일관된 팁 각도와 표면 품질을 보장합니다.

올바른 연삭 기술을 익히도록 작업자를 교육합니다.

9.2.3 차폐가스의 종류와 유량 조절

원인: 보호 가스나 불순물이 충분하지 않으면 팁이 산화되고 WO_3 휘발성 물질이

저작권 및 법적 책임 선언문

형성되어 소진이 가속화됩니다. 헬륨의 비율이 높을(>50%)은 아크 온도를 높이고 팁 손실을 악화시킬 수 있습니다.

용액:

고순도 아르곤 가스(99.999%)를 사용하여 유속 10~15L/min 으로 팁을 산화로부터 보호합니다.

고전류 용접에서는 아르곤-헬륨 혼합물(비율 4:1)을 사용하여 아크 온도와 보호 효과의 균형을 맞추십시오.

가스 라인을 확인하고 유량계(정확도 $\pm 0.1\text{L/min}$)를 사용하여 안정적인 흐름을 보장하십시오.

진공 또는 고정밀 용접에서는 팁 소손을 줄이기 위해 고순도 헬륨(유량 8~12L/min)을 사용합니다.

예방 조치:

가스 공급 시스템을 정기적으로 유지 관리하고 필터 및 라인 견고성을 확인하십시오.

용접 공정 요구 사항을 준수하는지 확인하기 위해 가스 사용 매개변수를 기록합니다.

9.2.4 산화이트륨 함량이 더 높은 전극을 교체하십시오.

이유: 표준 WY20 전극(산화 이트륨 1.8%~2.2%)은 초고전류(>400A) 또는 극한 환경(예: 플라즈마 아크 용접)에서 빠르게 소손될 수 있습니다. 산화 이트륨 함량이 높은 전극(예: WY30, 산화 이트륨 2.5%~3.0%)은 재결정 온도와 소손 저항성이 더 높습니다.

용액:

고전류 또는 고온 시나리오에서 WY30 전극을 사용하면 소진율을 20%~30% 줄일 수 있습니다.

ISO 6848 또는 GB/T 4192 표준을 준수하는지 확인하기 위해 산화이트륨 함량이 높은 전극을 맞추화하려면 공급업체와 상담하십시오.

산화이트륨 함량이 다른 전극을 테스트하고 소진율을 기록했습니다(목표 < 0.15mg/min).

비용과 성능을 비교하면 WY30 전극의 가격은 약 10%~20% 더 높습니다.

예방 조치:

성능 과잉 또는 저조를 방지하기 위해 용접 작업에 따라 적절한 전극 모델을 선택하십시오.

다양한 모델의 적용 가능한 시나리오를 기록하기 위해 전극 성능 데이터베이스를 구축합니다.

9.3 적절한 산화이트륨 함량을 선택하는 방법

산화이트륨 함량은 전극의 아크 안정성, 열 방출 용량 및 수명에 영향을 미칩니다. 다음은 용접 재료, 현재 유형, 환경 및 비용 측면에서 선택 원칙을 분석합니다.

9.3.1 용접재료(티타늄 합금, 니켈계 합금 등)에 따라 선택됩니다.

분석: 용접 재료마다 전극 성능에 대한 요구 사항이 다릅니다. 티타늄 합금은 낮은 열 입력과 안정적인 아크가 필요하고, 니켈 기반 합금은 높은 전류 지지력이 필요하며, 스테인리스강은 적당한 전류와 범용 특성에 적합합니다.

제안:

티타늄 합금: WY20(산화 이트륨 1.8%~2.2%), 전류 100~200A, 팁 각도 30°, 진공 또는 아르곤 가스 보호 용접에 적합합니다.

니켈 기반 합금: WY30(산화 이트륨 2.5%~3.0%), 전류 150~300A, 팁 각도 45°, 딥멜트 용접 요구 사항을 충족합니다.

스테인레스 스틸: WY20 또는 WY15(산화 이트륨 1.0%~1.5%), 전류 50~150A, 강력한 다양성.

알루미늄 합금: WY20, AC 용접, 전류 50~200A, 균형 제어 50%~70%.

도구:

전극 모델 및 공정 매개변수를 일치시키려면 재료 용접 매뉴얼을 참조하십시오.

산화 이트륨 함량이 다른 전극은 용접 품질과 전극 수명을 평가하기 위해 테스트됩니다.

9.3.2 전류 유형 및 강도 매칭

분석: DC 양극성(DCEN)은 대부분의 금속 용접에 적합하며 AC 용접은 알루미늄 합금 등에 사용됩니다. 산화 이트륨 함량은 전극의 전류 전달 용량에 영향을 미칩니다.

제안:

DCEN: WY20, 전류 50~250A, 티타늄 합금, 스테인리스강 및 니켈 기반 합금에 적합합니다.

AC: WY20, 전류 50~200A, 주파수 50~150Hz, 알루미늄 합금 및 마그네슘 합금에 적합합니다.

고전류(>300A): WY30, 향상된 내연소성 및 후판 용접에 적합합니다.

저전류(<50A): WY15, 비용 절감, 얇은 시트의 미세 납땜에 적합합니다.

도구:

용접기 매개변수를 사용하여 전류 유형과 강도를 최적화합니다.

정기적으로 전극 성능을 테스트하여 용접 작업이 일치하는지 확인하십시오.

9.3.3 특수 환경(진공, 고온)에서의 선택.

분석: 진공 또는 고온 환경(예: 플라즈마 아크 용접)에서는 전극에 대한 낮은 휘발성과 높은 재결정 온도가 필요합니다. WY20 은 진공 환경에서 잘 작동하며 WY30 은 초고온 시나리오에 적합합니다.

제안:

진공 환경: WY20, 진공도 10^{-3} ~ 10^{-5} Pa, 번다운 속도 <0.1mg/min, 반도체 및 항공우주 용접에 적합합니다.

고온 환경: WY30, 아크 온도 > 10000°C, 플라즈마 아크 용접 또는 스프레이에

저작권 및 법적 책임 선언문

적합합니다.

부식성 환경: WY20, 아르곤 보호, 강한 내산화성, 해양 공학에 적합합니다.

도구:

낮은 휘발성을 보장하려면 ISO 6848 또는 GB/T 4192 표준을 준수하는 전극을 선택하십시오.

대상 환경에서 전극의 성능을 테스트하여 소진율과 아크 안정성을 기록합니다.

9.3.4 성능과 비용의 균형 분석

분석: 산화이트륨 함량이 높을수록 성능이 향상되지만 비용은 10%~20% 증가합니다. 사용자는 작업의 필요와 예산에 따라 올바른 전극을 선택해야 합니다.

제안:

고정밀 용접: 우수한 성능을 위한 우선 순위 WY30이며 항공우주 및 원자력 산업에 적합합니다.

일반 산업: 대부분의 TIG 용접 요구 사항을 충족하기 위해 비용 효율적인 WY20 을 선택하십시오.

저비용 시나리오: WY15, 조달 비용 절감, 박판 또는 저전류 용접에 적합합니다.

수명 우선 순위: WY30, 수명 20%~30% 연장, 교체 빈도 감소.

도구:

조달 비용, 수명 및 용접 효율성을 종합적으로 고려하여 전극 선택 비용 모델을 구축합니다.

대량 구매를 통해 비용을 절감하기 위해 공급업체와 소통합니다.

9.4 이트륨 텅스텐 전극의 아크 발생 어려움에 대한 대책

아크 발생 문제는 아크 점화 지연 또는 실패로 나타나 용접 효율성에 영향을 미칩니다. 다음은 그 이유를 분석하고 해결책을 제안합니다.

9.4.1 전극의 표면 청결도 및 팁 상태 확인

원인: 전극 표면의 오염(오일, 산화물) 또는 팁의 마모로 인해 아크 전압이 증가하고 전자 방출 효율이 감소할 수 있습니다.

용액:

무수 에탄올을 사용하여 전극을 세척하고 초음파 세척기(주파수 20~40kHz)를 사용하여 오염을 제거합니다.

다이아몬드 연삭 휠을 사용하여 팁을 30°~45°의 각도와 반경 0.2~0.3mm 로 재연마합니다.

팁 상태를 확인하고 현미경(배율 100x)을 사용하여 산화물이나 미세 균열이 없는지 확인하십시오.

오염을 방지하기 위해 전극을 보관할 때 밀폐 포장을 사용하십시오.

예방 조치:

용접 전에 검사해야 하는 전극 청소 및 검사 사양을 공식화합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

작업 오염을 방지하기 위해 특수 고정 장치를 사용하여 전극을 고정하십시오.

9.4.2 고주파 아크 시작 매개변수 최적화

원인: 고주파 아크 스타터의 부적절한 매개변수(예: 너무 낮은 주파수 또는 불충분한 전압)로 인해 아크 개시 실패가 발생합니다. 이트륨 텅스텐 전극의 낮은 탈출 작업(2.5~2.7eV)은 고주파 아크에 적합하지만 합리적으로 설정해야 합니다.

용액:

빠른 아크 점화를 보장하기 위해 고주파 아크 주파수를 10~20kHz 로, 전압을 5~10kV 로 조정하십시오.

용접기의 고주파 장치를 점검하고 전극 척과 접지선을 청소하고 접촉 저항을 줄이십시오.

펄스 고주파 아크 및 0.1~0.5ms 의 펄스 폭을 사용하면 아크 성공률을 향상시킬 수 있습니다.

테스트 호 시작 시간, 목표 <0.1 초.

예방 조치:

안정적인 출력을 보장하기 위해 용접기의 고주파 장치를 정기적으로 유지 관리하십시오.

지능형 용접기를 사용하여 아크 시작 매개변수가 자동으로 최적화됩니다.

9.4.3 전극과 공작물 사이의 거리를 조정합니다.

이유: 전극과 공작물 사이의 거리가 너무 커서(>3mm) 전기장 강도가 부족하고 아크 발생이 어렵습니다. 거리가 너무 작으면(<1mm) 단락이나 오염이 발생할 수 있습니다.

용액:

전극과 공작물 사이의 거리는 1.5~2.5mm 로 조정되어 대부분의 TIG 용접 시나리오에 적합합니다.

안정적인 거리를 보장하기 위해 용접 토치를 사용하여 전극을 고정하십시오.

마이크로 용접에서는 거리를 1~1.5mm 로 줄여 아크 농도를 향상시킬 수 있습니다.

레이저 거리 측정기를 사용하여 거리를 확인했습니다(정확도 $\pm 0.1\text{mm}$).

예방 조치:

운전자가 올바른 거리 설정을 마스터하도록 교육합니다.

자동 용접에서는 센서를 사용하여 거리를 실시간으로 모니터링합니다.

9.4.4 전극을 교체하거나 전원 공급 장치의 안정성을 확인하십시오.

원인: 전극의 노후화 또는 공급 전압의 변동으로 인해 아크 발생이 어려울 수 있습니다. 이트륨 텅스텐 전극의 수명은 일반적으로 100~150 시간이며 수명이 지난 후 전자 방출 효율이 감소합니다.

용액:

전극을 새 것으로 교체하고 WY20 또는 WY30 을 선택하고 표준(ISO 6848)을

준수하는지 확인하십시오.

전원 공급 장치의 안정성을 확인하고 전압계를 사용하여 출력 전압 변동($\leq \pm 5\%$)을 모니터링합니다(정확도 $\pm 0.1V$).

용접기 접점을 청소하여 전극 척이 산화되거나 느슨해지지 않는지 확인하십시오.

전극 성능을 테스트하고 아크 전압 및 시간을 기록합니다.

예방 조치:

전극 교체 주기를 설정하고 사용 시간을 기록합니다.

안정적인 전원 공급을 보장하기 위해 용접기를 정기적으로 보정하십시오.

9.5 다른 텅스텐 전극과 혼합된 이트륨 텅스텐

다양한 유형의 텅스텐 전극(예: 이트륨 텅스텐, 토륨 텅스텐, 란탄 텅스텐)을 혼합하면 성능이 저하되거나 작동에 혼란이 발생할 수 있습니다. 다음은 혼합 및 관리 권장 사항의 영향을 분석합니다.

9.5.1 혼합이 아크 성능에 미치는 영향

이유: 전자의 탈출 작업과 전극의 열 안정성은 크게 다릅니다. 이트륨 텅스텐 전극(탈출 작업 $2.5 \sim 2.7eV$)은 DCEN 및 AC 용접에 적합하고, 토륨 텅스텐(WT20, 탈출 작업 $2.6 \sim 2.8eV$)은 DCEP 에서 더 나은 성능을 발휘하며, 란탄 텅스텐(WL20, 탈출 작업 $2.8 \sim 3.0eV$)은 저전류에 적합합니다. 혼합으로 인해 아크가 불안정해지거나 아크가 발생할 수 있습니다.

용액:

혼합을 피하고 WY20 을 선호하며 용접 재료와 전류 유형을 일치시키십시오.

혼합된 경우 아크 성능을 테스트하고 드리프트 속도(목표 $<5\%$)와 아크 시작 시간(<0.1 초)을 기록합니다.

AC 용접에서는 토륨 텅스텐 전극의 과열 문제를 피하기 위해 이트륨 텅스텐 전극을 사용하는 것이 선호됩니다.

용접 매개변수 데이터베이스를 사용하여 혼합 사용 시나리오에 대한 전류 및 가스 설정을 최적화합니다.

예방 조치:

혼동을 피하기 위해 전극 분류 및 보관 시스템을 구축하십시오.

작업자가 서로 다른 전극 간의 성능 차이를 이해하도록 교육합니다.

9.5.2 혼합으로 인한 전극 손실 문제

원인: 혼합하면 전극 소손이 증가할 수 있습니다. 예를 들어, 토륨 텅스텐 전극은 고전류에서 연소율($0.3 \sim 0.5mg/min$)이 높은 반면, 이트륨 텅스텐 전극은 연소율이 $0.1 \sim 0.2mg/min$ 입니다. 혼합은 부적절한 매개변수로 인해 손실을 가속화할 수 있습니다.

용액:

WY20 전극을 사용하여 소진율이 낮고 수명이 길다($100 \sim 150$ 시간).

전극 손실을 모니터링하고 정확도 $\pm 0.01mg$ 의 고정밀 저울을 사용하여 소진율을

저작권 및 법적 책임 선언문

측정합니다.

전극 유형에 맞게 용접 매개변수를 조정하십시오(예: WY20 은 DCEN, 전류 100~250A 를 사용합니다).

마모로 인한 성능 저하를 방지하기 위해 전극을 정기적으로 교체하십시오.

예방 조치:

각 전극의 수명을 기록하고 교체 계획을 수립합니다.

지능형 모니터링 시스템을 사용하여 전극 손실을 실시간으로 감지합니다.

9.5.3 전극 식별 및 관리에 대한 제안

원인: 전극의 혼합 사용은 불분명한 라벨링 또는 부적절한 관리로 인해 발생하는 경우가 많습니다. 이트륨 텅스텐 전극 (파란색 끝)은 토륨 텅스텐 (빨간색 끝) 및 란탄 텅스텐 (금 끝)과 혼동됩니다.

용액:

ISO 6848 또는 GB/T 4192 의 식별 요구 사항을 엄격히 준수하고 전극 팁과 포장 라벨의 색상을 확인하십시오.

바코드 또는 RFID 태그를 사용하여 전극 재고를 관리하고 모델 및 배치를 기록합니다.

파티션은 다양한 유형의 전극을 보관하고 혼동을 피하기 위해 특수 용기를 사용합니다.

작업자가 전극 식별 및 사용 사양을 숙지하도록 교육합니다.

예방 조치:

사용량 및 재고를 추적하기 위해 전극 관리 데이터베이스를 구축합니다.

명확한 식별을 위해 정기적으로 재고를 확인하십시오.

9.5.4 이트륨 텅스텐 전극의 치환 분석

분석: 이트륨 텅스텐 전극은 토륨 텅스텐(WT20), 란탄 텅스텐(WL20) 및 세륨 텅스텐(WC20) 전극을 대체할 수 있지만 응용 시나리오에 따라 선택해야 합니다. 이트륨 텅스텐 전극의 비방사능 및 낮은 연소율로 인해 선호되는 선택입니다.

제안:

토륨 텅스텐의 대안: 토륨 텅스텐은 방사성(ThO_2 는 α 선을 방출함)이며 WY20 을 완전히 대체할 수 있어 항공우주 및 의료 산업에 적합합니다.

란탄 텅스텐의 대안: 란탄 텅스텐은 저전류 용접에 적합하며 WY20 은 고전류(>200A)에서 더 나은 성능을 발휘합니다.

세륨 텅스텐의 대안: 세륨 텅스텐 아크 성능은 약간 열등하며 WY20 은 마이크로 용접 및 진공 환경에서 더 나은 성능을 발휘합니다.

대체 전극의 성능을 테스트하여 아크 안정성, 소손률 및 용접 품질을 기록합니다.

도구:

저작권 및 법적 책임 선언문

공급업체와 소통하여 대체 전극의 성능 데이터를 이해합니다.
환경 및 안전 요구 사항을 충족하기 위해 고위험 전극(예: 토륨 텅스텐)을 점진적으로
교체하십시오.



10 장 이트륨 텅스텐 전극의 미래 개발 동향

고성능 비방사성 용접 재료인 이트륨 텅스텐 전극(WY20)은 우수한 아크 안정성, 낮은 소손률 및 환경 보호 특성으로 인해 TIG 용접, 플라즈마 아크 용접 및 비용접 응용 분야에 널리 사용됩니다. 재료 과학, 제조 기술 및 시장 수요의 발전으로 이트륨 텅스텐 전극의 미래는 기술 혁신, 응용 확장 및 시장 정책의 새로운 추세를 보여줄 것입니다. 이 장에서는 이러한 추세를 자세히 살펴보고 이트륨 텅스텐 전극 산업에 미치는 영향을 분석합니다.

10.1 이트륨 텅스텐 전극의 기술 혁신 방향

기술 혁신은 이트륨 텅스텐 전극 개발의 핵심 원동력이며 새로운 도핑 기술, 초고온 및 초정밀 전극 연구 개발, 녹색 제조 기술을 포함합니다. 이러한 혁신은 전극 성능을 개선하고 수명을 연장하며 생산 비용을 줄이는 것을 목표로 합니다.

10.1.1 새로운 희토류 복합 도핑 기술

배경: 이트륨 텅스텐 전극의 성능은 주로 이트륨 산화물(Y_2O_3)의 도핑에 따라 달라지며 일반적으로 1.8%~2.2%입니다. 그러나 단일 도핑은 초고전류(>400A) 또는

저작권 및 법적 책임 선언문

진공 또는 고온과 같은 극한 환경에서 더 높은 성능 요구 사항을 충족하지 못할 수 있습니다. 새로운 희토류 복합 도핑 기술은 다양한 희토류 산화물(예: 산화란탄 La_2O_3 산화물 및 산화세륨 CeO_2)을 도입하여 전극 성능을 최적화합니다.

혁신 방향:

다중 희토류 도핑: 산화 이트륨 함량이 1.5%~2.0%이고 산화란탄 또는 산화세륨이 보충된 이트륨-란탄 텅스텐(Y-La-W) 또는 이트륨-세륨 텅스텐(Y-Ce-W)과 같은 복합 도핑 전극을 개발합니다. 복합 도핑은 전자 탈출 작업(2.4~2.6eV)을 줄이고 아크 안정성(드리프트율<3%) 및 소진저항성(소진률 < 0.1mg/min)을 향상시킬 수 있습니다.

나노 스케일 도핑: 도핑 균일성을 향상시키기 위해 나노 스케일 희토류 산화물(입자 크기 10~50nm)을 사용했습니다(편차 <±0.05%). 나노입자는 입계의 밀도를 높이고 전극의 재결정 온도(> 2100°C)를 높일 수 있습니다.

도핑 공정 최적화: 플라즈마 스프레이 도핑 또는 화학 기상 증착(CVD) 기술을 개발하여 텅스텐 분말 표면에 희토류 산화물을 고르게 코팅하여 응집을 줄입니다.

지능형 도핑 제어: 기계 학습 알고리즘을 활용하여 도핑 비율과 분포를 최적화하고 실시간 모니터링(XRF, EDS)을 통해 스프레이 속도와 불 밀 매개변수를 조정합니다.

잠재적 영향: 복합 도핑 전극은 전극 수명을 30%~50% 늘릴 수 있어 항공우주 및 원자력 산업과 같은 수요가 많은 시나리오에 적합합니다. 향후 표준(예: ISO 6848 개정판)에는 복합 도핑 전극 분류(예: WY-La 또는 WY-Ce)가 추가될 수 있습니다.

10.1.2 초고온 초정밀 전극 연구 개발

배경: 플라즈마 아크 용접(아크 온도>20000°C) 및 마이크로 용접(솔더 조인트 직경 <0.5mm)에 대한 수요가 증가함에 따라 이트륨 텅스텐 전극은 더 높은 고온 저항 및 가공 정확도를 가져야 합니다.

혁신 방향:

초고온 전극: 방전 플라즈마 소결(SPS) 공정으로 제조한 고산화이트륨 전극(Y_2O_3 함량 2.5%~3.5%)을 개발했으며, 입자 크기는 35 μm 로 제어되고 밀도는 99%> 있습니다. 이 전극의 재결정 온도는 2200°C 에 도달할 수 있고 소손 속도는 0.08mg/min<이므로 초고전류(>500A) 납땜에 적합합니다.

초정밀 전극: 레이저 미세 가공 및 전기화학적 연마를 통해 고정밀도(공차±0.01mm)를 달성하기 위해 소형 이트륨 텅스텐 전극(직경 0.3~0.8mm, 팁 반경 < 0.1mm)을 개발했습니다. 이 전극은 반도체 및 의료 기기의 마이크로 납땜에 적합합니다.

표면 개질 기술: 이온 주입 또는 나노 코팅(예: 지르코니아 코팅)을 사용하여 전극 표면의 내산화성 및 열 안정성을 향상시켜 수명을 20%~30% 연장합니다.

고온 성능 테스트: SEM 및 XRD 와 함께 >2000°C 에서 전극의 미세 구조 변화를 실시간으로 분석하는 현장 고온 테스트 장치를 개발합니다.

잠재적 영향: 초고온 전극은 플라즈마 분무 및 핵융합 장비의 개발을 주도할 것이며 초정밀 전극은 칩 제조 및 마이크로일렉트로닉스 산업의 요구를 충족할 것입니다. 이러한 기술은 생산 비용을 10%~15% 증가시킬 수 있지만 성능 향상은 시장 경쟁력을 높일 수 있습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com
Phone: +86 592 5129595; 592 5129696
Website: www.tungsten.com.cn

10.1.3 녹색 제조 및 저탄소 생산 기술

배경: 글로벌 환경 규정(예: EU RoHS 지침 및 탄소 중립 목표)은 에너지 소비와 배출을 줄이기 위해 이트륨 텅스텐 전극 생산을 요구합니다. 전통적인 소결 및 정제 공정은 에너지 소비가 높으며(전극 톤당 약 5000~8000kWh) 폐액 및 배기 가스 배출을 더욱 최적화해야 합니다.

혁신 방향:

저에너지 소비 소결: SPS 공정을 촉진하고 소결 시간을 510 분으로 단축하며 에너지 소비를 30%~40% 줄입니다. 수소 소비를 줄이기 위한 고효율 진공 소결로(온도 제어 정확도 $\pm 2^{\circ}\text{C}$)를 개발합니다.

친환경 정화 기술: 이온 교환 및 막 분리 기술을 사용하여 이트륨 산화물을 정화하여 폐액 배출을 50% 이상 줄입니다. 재활용 텅스텐 분말 및 희토류 재료로 회수율은 > 90%입니다.

스마트 에너지 관리: 사물인터넷(IoT)과 AI 를 통해 생산 장비의 에너지 소비를 최적화하고 전기 및 가스 소비를 실시간으로 모니터링하여 탄소 배출량을 줄입니다.

재생에너지 응용: 생산현장에 태양광 또는 풍력 공급을 도입하여 2030 년까지 재생에너지 에너지의 30%~50%를 달성하는 것을 목표로 하고 있습니다.

잠재적 영향: 녹색 제조는 생산 비용을 5%~10% 절감하고 환경 규제를 준수하며 브랜드 이미지를 향상시킬 수 있습니다. 앞으로는 탄소 배출 기준(예: 전극 톤당 CO_2 2 톤<이 도입되어 업계의 저탄소 전환을 촉진할 수 있습니다.

10.2 이트륨 텅스텐 전극의 응용 분야 확장

이트륨 텅스텐 전극의 응용 분야는 전통적인 용접에서 신에너지, 항공우주, 마이크로일렉트로닉스와 같은 신흥 산업으로 확장되어 고성능 및 정밀 제조 요구 사항을 충족하고 있습니다.

10.2.1 신에너지 장비 제조(배터리, 풍력)

배경: 신에너지 장비(예: 리튬 배터리, 풍력 블레이드, 수소 에너지 장비)는 용접 품질에 대한 요구 사항이 높으며 고정밀, 낮은 열 입력 및 환경 친화적인 재료가 필요합니다. 이트륨 텅스텐 전극의 비방사능 및 아크 안정성은 이상적인 선택입니다.

응용 방향:

리튬 배터리 제조: 이트륨 텅스텐 전극은 구리 및 알루미늄 호일(솔더 조인트 직경 <0.5mm), 전류 10~50A, 팁 직경 0.5~1.0mm)의 마이크로 용접에 사용됩니다. 아크 안정성(드리프트율 <3%)은 솔더 조인트 강도와 기밀성을 보장합니다.

풍력 터빈 블레이드: 용접 탄소강 및 스테인리스강 타워, 두께 10~50mm, 전류 200~400A. 이트륨 텅스텐 전극의 깊은 용융 기능은 용접 결함을 줄이고 장비 수명을 연장합니다.

수소 에너지 장비: 진공 환경(10^{-4} Pa) 및 저휘발성 전극을 갖춘 용접된 스테인리스 스틸 수소 저장 탱크. 요구 사항을 충족하는 WY20 전극($<10^{-6}$ Pa·m³/s)의 낮은 가스 방출률.

태양광 장비: 실리콘 웨이퍼 및 구리선의 미세 용접, 고정밀 생산을 지원하는 이트륨

저작권 및 법적 책임 선언문

텅스텐 전극(반경 < 0.1mm)의 초정밀 팁.

개발 동향: 신에너지 산업의 급속한 성장(전 세계 리튬 배터리 시장의 연간 성장률은 2025~2030 년 15%>로 예상됨)으로 인해 이트륨 텅스텐 전극에 대한 수요가 20%~30% 증가할 것입니다. 맞춤형 마이크로 전극은 핵심 연구 개발 방향이 될 것입니다.

10.2.2 항공우주 및 방위 분야에서의 적용 심화

배경: 항공우주 및 방위 산업에서 이트륨 텅스텐 전극에 대한 수요는 고전류 지지력과 긴 수명이 요구되는 고강도 합금(예: 티타늄 합금, 니켈 기반 합금)의 용접에 집중되어 있습니다.

응용 방향:

항공 엔진: 용접된 니켈 기반 합금 터빈 블레이드, 전류 150~300A, 팁 각도 45°. 이트륨 텅스텐 전극의 낮은 소손률(<0.1mg/min)은 용접이 고온(> 1200°C)에 강하도록 보장합니다.

우주선 구조: 티타늄 합금 셀의 진공 TIG 용접, 진공도 10^{-5} Pa. WY20 전극의 낮은 휘발성은 환경 오염을 방지하고 용접 강도는 900MPa>.

방위장비: 장갑강판 및 미사일 포탄의 딥멜트용접, 전류 > 400A. 초고전류 응용을 지원하기 위해 WY30 전극(산화이트륨 2.5%~3.0%) 개발

적층 제조: 이트륨 텅스텐 전극은 플라즈마 아크 적층 제조, 항공우주 부품 수리, 아크 안정성(드리프트율 <2%)에 사용되어 적층 정확도를 향상시킵니다.

개발 동향: 항공우주 시장은 2030 년까지 연평균 8%의 성장률로 성장할 것으로 예상되며, 고성능 이트륨 텅스텐 전극에 대한 수요가 증가하고 있습니다. 복합 도핑 및 초고온 전극은 극한 환경의 요구를 더욱 충족시킬 것입니다.

10.2.3 마이크로일렉트로닉스 및 반도체 산업의 정밀 용접

배경: 마이크로일렉트로닉스 및 반도체 산업에서는 전극 직경이 1.0mm<, 솔더 조인트 크기가 0.2mm 인 초고정밀 납땜(예: 칩 패키징, 센서 제조)< 필요합니다. 이트륨 텅스텐 전극의 미세 용접 기능과 낮은 열 입력 특성으로 인해 선호되는 선택입니다.

응용 방향:

칩 패키지: 납땜된 구리 및 금 리드, 전류 5~20A, 팁 반경 < 0.1mm. 이트륨 텅스텐 전극 (<0.5mm)의 미세한 아크는 솔더 조인트 정확도를 보장합니다.

센서 제조: 열 영향부가 0.1mm< 있는 마이크로 용접 스테인리스강 및 티타늄 합금 센서. WY20 전극의 낮은 휘발성은 진공 환경에 적합합니다.

MEMS 장치: 10A< 전류로 미세전자기계 시스템(MEMS)을 납땜합니다. 나노 스케일 정밀도를 지원하는 초정밀 전극(직경 0.3~0.5mm)을 개발했습니다.

광전자공학: 광섬유 커넥터를 납땜할 때 이트륨 텅스텐 전극의 높은 아크 안정성은 솔더 조인트 결함을 줄입니다.

개발 동향: 반도체 시장은 2030 년에 1 조 달러에 이를 것으로 예상되며, 마이크로 용접에 대한 수요는 초정밀 이트륨 텅스텐 전극의 연구 개발을 주도할 것이며 시장 점유율은 15%~20% 증가할 것으로 예상됩니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

10.3 이트륨 텅스텐 전극의 시장 및 정책 동향

시장 및 정책 동향은 이트륨 텅스텐 전극의 수요 및 공급 패턴, 생산 비용 및 국제 경쟁력에 큰 영향을 미칠 것입니다.

10.3.1 글로벌 이트륨 텅스텐 전극 시장 수요 예측

배경: 글로벌 용접 장비 시장은 2025~2030 년에 연평균 6%~8%의 성장률로 성장할 것으로 예상되며, 고급 용접 재료로서 이트륨 텅스텐 전극에 대한 수요도 동시에 증가할 것입니다. 중국, 미국, 유럽이 주요 시장으로 전 세계 수요의 70% 이상을 차지합니다.

예보:

수요 증가: 항공우주, 신에너지 및 마이크로일렉트로닉스 산업의 확장으로 이트륨 텅스텐 전극 수요의 연간 성장률이 10%~15% 증가할 것이며 세계 시장 규모는 2025 년까지 5 억 달러에 이를 것으로 예상됩니다.

지역 분포: 중국은 시장 점유율의 40%를 차지하고(희토류 자원의 장점 덕분에), 미국과 유럽은 각각 20%를 차지합니다. 아시아 태평양(인도, 동남아시아)이 수요 증가가 가장 빨랐습니다(>12%).

애플리케이션 중심: 신에너지(배터리, 풍력)가 수요 증가의 30%, 항공우주가 25%, 마이크로일렉트로닉스가 20%를 차지했습니다.

고급 전극: WY30 및 복합 도핑 전극의 시장 점유율은 고성능 요구 사항을 충족하기 위해 10%에서 20%로 증가할 것입니다.

영향 요인:

자동화된 용접 장비의 확산으로 고성능 전극에 대한 수요가 증가하고 있습니다.

환경 규제로 인해 토륨 텅스텐 전극의 교체가 촉진되고 있으며, 이트륨 텅스텐 전극의 시장 점유율은 50%로 증가할 것으로 예상됩니다.

10.3.2 희토류 자원 정책이 생산에 미치는 영향

배경: 이트륨 텅스텐 전극의 생산은 희토류 자원(산화 이트륨)과 텅스텐 자원에 의존합니다. 중국은 전 세계 희토류 매장량의 70%와 텅스텐 매장량의 80%를 보유하고 있지만 엄격한 자원 추출 및 수출 정책은 생산 비용과 공급망 안정성에 영향을 미칩니다.

정책 동향:

중국의 희토류 정책: 중국은 희토류 채굴에 대한 환경 감독을 강화하고, 희토류 할당량은 2025 년부터 10%~15% 감소할 수 있으며, 산화이트륨 가격은 5%~10% 상승할 것으로 예상됩니다.

수출 제한: 희토류 수출 관세가 인상되어 제조업체는 재활용 기술을 최적화해야 합니다(재활용률 > 90%).

대체 자원 개발: 호주와 미국은 희토류 광석 개발을 가속화하고 있으며, 2030 년까지 전 세계 공급량이 20% 증가하여 중국의 자원 의존도가 완화될 것으로 예상됩니다.

녹색 채굴 기술: 폐액 배출을 줄이고 환경 규제를 준수하기 위해 저공해 정화 기술(예: 이온 교환 및 막 분리)을 촉진합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

영향: 희토류 정책으로 인해 이트륨 텅스텐 전극의 생산 비용이 5%~10% 상승할 수 있지만 재활용 기술과 글로벌 공급망 다각화로 인해 압력이 완화될 것입니다. 제조업체는 자원 안정성을 보장하기 위해 친환경 정화 장비에 투자해야 합니다.

10.3.3 국제 무역 및 공급망 최적화

배경: 글로벌 이트륨 텅스텐 전극 공급망에는 중국(주요 생산국), 미국(기술 혁신 센터) 및 유럽(고급 응용 시장)이 포함됩니다. 무역 장벽, 운송 비용, 지정학은 공급망 효율성에 영향을 미칩니다.

경향:

무역 장벽: 미국과 유럽은 희토류 제품에 관세(5%~10%)를 부과할 수 있으며, 중국 제조업체는 수출 전략을 최적화하고 동남아시아 및 남미 시장을 확장해야 합니다.

공급망 현지화: 미국과 유럽은 현지 텅스텐 전극 생산에 투자하고 있으며, 2030년까지 현지 생산 능력이 20%~30%를 차지하여 중국에 대한 의존도를 줄일 것으로 예상됩니다.

디지털 공급망: 블록체인 기술을 사용하여 텅스텐 및 희토류 원료의 원산지를 추적하여 투명성과 규정 준수를 보장합니다.

물류 최적화: 지능형 물류 시스템(AI 수요 예측)을 통해 운송 비용을 10%~15% 절감하고 배송 주기를 단축합니다.

영향: 공급망 최적화는 이트륨 텅스텐 전극의 글로벌 경쟁력을 향상시키고 물류 비용을 절감할 것입니다. 중국 제조업체는 국제 경쟁에 대응하기 위해 기술 혁신과 브랜드 구축을 강화해야 합니다.



부록

하나. 용어집

이트륨 텅스텐 전극: 텅스텐을 기반으로 1%~2% 산화이트륨을 도핑한 비방사성 전극으로 초합금 용접 및 플라즈마 공정에 적합합니다.

이트륨 산화물(Y_2O_3): 텅스텐 전극의 고온 안정성과 아크 특성을 향상시키는 희토류 산화물 첨가제입니다.

전자 탈출 일 기능: 전자가 전극 표면에서 탈출하는 데 필요한 최소한의 에너지량이 아크 성능을 결정합니다.

아크 시작 성능: 낮은 전류에서 안정적인 아크를 형성하는 전극의 능력.

아크 안정성: 아크는 용접 공정 중에 연속적이고 지터링되지 않는 특성을 유지합니다.

연소율: 고온 용접 중 전극의 질량 손실률입니다.

TIG 용접(텅스텐 불활성 가스 용접): 불활성 가스 보호를 사용하는 텅스텐 아르곤 아크 용접 공정입니다.

플라즈마 아크 용접: 고정밀 용접을 위해 고온 플라즈마 아크를 사용하는 공정입니다.

분말 야금: 분말 혼합, 압착 및 소결을 통해 이트륨 텅스텐 전극을 제조하는 기술입니다.

미세 구조: 현미경으로 전극 재료의 입자 및 상 분포 특성.

ISO 6848: 국제 표준화 기구에서 개발한 텅스텐 전극의 분류 및 기술 요구 사항에 대한 표준입니다.

AWS A5.12: 미국 용접 협회에서 개발한 텅스텐 전극에 대한 사양 표준입니다.

SEM(주사전자현미경): 전극의 표면 형태와 미세구조를 분석하는 데 사용되는 주사전자현미경입니다.

ICP-MS(유도 결합 플라즈마 질량 분석법): 이트륨 산화물 및 불순물 함량을 검출하기 위한 유도 결합 플라즈마 질량 분석법.

스파크 플라즈마 소결(SPS): 고성능 이트륨-텅스텐 전극을 제조하는 데 사용되는 급속 소결 기술입니다.

B. 참고문헌

- [1] 위키피디아, 텅스텐, [https://zh.wikipedia.org/wiki/ 텅스텐](https://zh.wikipedia.org/wiki/텅스텐)
- [2] Chinatungsten Online, 이트륨 텅스텐 전극 분석, <http://www.ctia.com.cn>
- [3] ISO 6848 : 2015, 용접 소모품 - 아크 용접 용 비소모성 텅스텐 전극
- [4] AWS A5.12:2009, 아크 용접용 텅스텐 및 산화물 분산 텅스텐 전극 사양
- [5] EN 26848 : 1991, 아크 용접 용 텅스텐 전극
- [6] 재료 과학 및 공학: A, 이트륨 도핑 텅스텐 전극의 표준 및 테스트, 엘스비어, 2023
- [7] 재료 과학 및 공학: A, 이트륨 도핑 텅스텐 전극용 제조 장비, 엘스비어, 2022
- [8] AWS A5.12: 아크 용접용 텅스텐 및 산화물 분산 텅스텐 전극 사양