

지르코늄 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 개발, 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

Zirconium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Zirconium Tungsten Electrode

Zirconium tungsten electrode is a non-radioactive welding electrode made by doping a small amount of zirconium oxide (ZrO₂) into a high-purity tungsten base. It is specifically optimized for AC TIG (Tungsten Inert Gas) welding. Its excellent arc stability and outstanding resistance to contamination make it the preferred choice for welding aluminum, magnesium, and their alloys.

2. Types of Zirconium Tungsten Electrode

Grade	Tip Color	ZrO ₂ Content (wt.%)	Characteristics & Applications
WZ3	Brown	0.2–0.4	Ideal for low to medium intensity AC welding; cost-effective
WZ38	White	0.7–0.9	Industry-standard grade with excellent overall performance

3. Standard Sizes & Packaging of Zirconium Tungsten Electrode

Diameter (mm)	Length (mm)	Regular Coloring	Packing:
1.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10 pcs/box
1.6	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.4	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
3.2	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
4.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
Remark	The sizes can be customized		

4. Applications of Zirconium Tungsten Electrode

- Welding of aluminum and aluminum alloys: such as doors, windows, frames, and automotive body structures
- Welding of magnesium and magnesium alloys: widely used in aerospace lightweight components
- AC welding of stainless steel (under specific low-current conditions)
- Precision welding in aerospace, rail transit, pressure vessels, etc.
- Used in automated welding systems and robotic torch assemblies

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

디렉토리

1 장: 소개

- 1.1 지르코늄 텅스텐 전극 개요
- 1.2 지르코늄 텅스텐 전극의 역사와 발전
- 1.3 현대 산업에서 지르코늄 텅스텐 전극의 중요성

2 장: 지르코늄 텅스텐 전극의 기본 개념

- 2.1 지르코늄 텅스텐 전극의 정의
- 2.2 지르코늄 텅스텐 전극의 화학 성분
- 2.3 지르코늄 텅스텐 전극과 다른 텅스텐 전극의 비교
- 2.4 지르코늄 텅스텐 전극의 물리적, 화학적 성질
 - 2.4.1 녹는점 및 열 안정성
 - 2.4.2 전기 및 열 전도율
 - 2.4.3 산화 및 내식성
 - 2.4.4 기계적 성질(경도, 연성 등)

3 장: 지르코늄 텅스텐 전극의 등급

- 3.1 지르코늄 텅스텐 전극 등급의 분류
 - 3.1.1 국제적으로 일반적으로 사용되는 등급(예: WZ3, WZ8)
 - 3.1.2 국내 브랜드 명명 규칙
- 3.2 각 등급의 지르코늄 함량 및 성능의 차이
- 3.3 지르코늄 텅스텐 전극 등급의 선택 및 적용 시나리오
- 3.4 지르코늄 텅스텐 전극 등급의 표준화 및 국제 비교

4 장: 지르코늄 텅스텐 전극의 특성

- 4.1 지르코늄 텅스텐 전극의 아크 안정성
- 4.2 지르코늄 텅스텐 전극의 점화 성능 및 전극 수명
- 4.3 지르코늄 텅스텐 전극의 내연소성 및 오염 방지 능력
- 4.4 다양한 용접 환경에서 지르코늄 텅스텐 전극의 성능
 - 4.4.1 직류 납땜(DC)
 - 4.4.2 AC 용접(AC)
- 4.5 지르코늄 텅스텐 전극의 열역학적 특성
- 4.6 지르코늄 텅스텐 전극의 미세 구조 분석
- 4.7 CTIA GROUP LTD.의 지르코늄 텅스텐 전극 MSDS

5 장: 지르코늄 텅스텐 전극의 준비 및 생산 공정

- 5.1 지르코늄 텅스텐 전극 원료 준비
 - 5.1.1 텅스텐 분말 및 지르코늄 화합물의 선택
 - 5.1.2 원료의 순도 및 전처리
- 5.2 지르코늄 텅스텐 전극의 분말 야금 공정
 - 5.2.1 혼합 및 분쇄
 - 5.2.2 프레스 성형

저작권 및 법적 책임 선언문

5.2.3 소결 공정

5.3 지르코늄 텅스텐 전극의 성형 기술

5.3.1 드로잉 및 압출

5.3.2 열처리 및 어닐링

5.4 지르코늄 텅스텐 전극의 표면 처리 및 연마

5.5 지르코늄 텅스텐 전극의 품질 관리 및 공정 최적화

6장: 지르코늄 텅스텐 전극의 생산 기술

6.1 지르코늄 텅스텐 전극의 도핑 기술

6.1.1 산화지르코늄의 도핑 방법

6.1.2 도핑 균일성 제어

6.2 지르코늄 텅스텐 전극의 고온 소결 기술

6.3 지르코늄 텅스텐 전극의 정밀 가공 기술

6.4 지르코늄 텅스텐 전극의 자동화 및 지능형 생산 기술

6.5 지르코늄 텅스텐 전극의 녹색 생산 및 환경 보호 기술

6.6 생산의 일반적인 문제 및 해결 방법

7장: 지르코늄 텅스텐 전극의 사용

7.1 TIG 용접에 지르코늄 텅스텐 전극의 적용

7.1.1 알루미늄 및 알루미늄 합금 용접

7.1.2 스테인레스 스틸 및 마그네슘 합금 용접

7.2 플라즈마 절단 및 스프레이에 지르코늄 텅스텐 전극의 적용

7.3 지르코늄 텅스텐 전극의 기타 산업 응용

7.3.1 항공우주

7.3.2 원자력 산업

7.3.3 의료기기 제조

7.4 특수 환경에서 지르코늄 텅스텐 전극의 적용

7.5 지르코늄 텅스텐 전극의 대안 및 경쟁 분석

8장: 지르코늄 텅스텐 전극 생산 설비

8.1 지르코늄 텅스텐 전극의 원료 가공 장비

8.1.1 분쇄 및 혼합 장비

8.1.2 심사 및 등급 장비

8.2 지르코늄 텅스텐 전극용 프레스 및 성형 장비

8.2.1 유압 프레스 및 등방성 프레스

8.2.2 금형 설계 및 제조

8.3 지르코늄 텅스텐 전극용 소결 및 열처리 장비

8.3.1 고온 소결로

8.3.2 진공 열처리로

8.4 지르코늄 텅스텐 전극용 정밀 가공 장비

8.4.1 드로잉 머신 및 절단기

8.4.2 표면 연마 장비

8.5 지르코늄 텅스텐 전극의 품질 검사 장비

저작권 및 법적 책임 선언문

8.6 지르코늄 텅스텐 전극의 장비 유지 관리 및 최적화

9 장: 지르코늄 텅스텐 전극에 대한 국내외 표준

9.1 지르코늄 텅스텐 전극에 대한 국제 표준

9.1.1 ISO 표준(e.g. ISO 6848)

9.1.2 AWS 표준(예: AWS A5.12)

9.2 지르코늄 텅스텐 전극에 대한 국내 표준

9.2.1 GB/T 표준

9.2.2 산업 표준 및 기업 표준

9.3 지르코늄 텅스텐 전극 표준의 내용 및 요구 사항

9.3.1 화학 성분 요구 사항

9.3.2 신체 성능 요구 사항

9.3.3 치수 및 공차 요구 사항

9.4 지르코늄 텅스텐 전극에 대한 국내외 표준 비교 및 조정

9.5 지르코늄 텅스텐 전극 표준의 업데이트 및 개발 동향

10 장 : 지르코늄 텅스텐 전극의 검출 방법

10.1 지르코늄 텅스텐 전극의 화학 성분 검출

10.1.1 스펙트럼 분석

10.1.2 화학적 적정법

10.2 지르코늄 텅스텐 전극의 물리적 특성 테스트

10.2.1 경도 시험

10.2.2 밀도 및 다공성 테스트

10.3 지르코늄 텅스텐 전극의 미세 구조 분석

10.3.1 주사전자현미경(SEM)

10.3.2 X 선 회절(XRD)

10.4 지르코늄 텅스텐 전극의 전극 성능 테스트

10.4.1 아크 안정성 테스트

10.4.2 접화 성능 및 수명 테스트

10.5 지르코늄 텅스텐 전극의 환경 적응성 시험

10.6 지르코늄 텅스텐 전극 시험 장비의 교정 및 표준화

10.7 지르코늄 텅스텐 전극 감지의 일반적인 문제 및 해결 방법

11 장 : 지르코늄 텅스텐 전극의 미래 개발 동향

11.1 신소재 및 기술 개발

11.2 지르코늄 텅스텐 전극의 성능 최적화 방향

11.3 지능형 및 자동화 생산의 동향

11.4 녹색 제조 및 지속 가능한 개발

11.5 신흥 분야에서 지르코늄 텅스텐 전극의 잠재력

12 장: 지르코늄 텅스텐 전극의 재활용 및 재사용

12.1 스크랩 전극의 재활용 과정

12.2 지르코늄 텅스텐 재료의 재활용 및 경제적 가치

저작권 및 법적 책임 선언문

12.3 재활용 공정의 오염 제어 및 환경 보호 사양

12.4 국내외 지르코늄 텅스텐 재활용 현황 및 발전 동향

부록

A. 용어집

B. 참고문헌

1 장 소개

1.1 지르코늄 텅스텐 전극 개요

지르코늄 텅스텐 전극 은 텅스텐 매트릭스로 소량의 지르코니아(ZrO_2)가 도핑된 텅스텐 전극의 일종으로 텅스텐 불활성 가스 차폐 용접(TIG 용접), 플라즈마 절단, 플라즈마 스프레이 및 고온 및 고전류의 기타 산업 시나리오에 널리 사용됩니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 특히 알루미늄, 마그네슘 및 그 합금과 같은 경금속 가공에 적합한 교류(AC) 용접에서 우수한 아크 안정성, 점화 성능 및 소손 저항으로 인해 용접 및 절단 분야에서 없어서는 안 될 재료가 되었습니다.

지르코늄 텅스텐 전극의 화학 성분은 주로 고순도 텅스텐(보통 순도 99.5% 이상)과 소량의 지르코니아(일반적으로 0.15%에서 0.8%)로 구성됩니다. 지르코니아의 도핑은 텅스텐 전극의 성능을 크게 향상시켜 고온 아크 환경에서 안정적인 전자 방출 용량과 긴 서비스 수명을 유지할 수 있도록 합니다. 순수 텅스텐 전극과 비교하여 지르코늄 텅스텐 전극은 전극 소진률이 낮고 오염 방지 기능이 높아 용접 품질 요구 사항이 매우 높은 시나리오에서 상당한 이점을 제공합니다. 톨륨-텅스텐, 세륨-텅스텐 또는 란탄 텅스텐 전극과 같은 다른 도핑된 전극과 비교할 때 지르코늄 텅스텐 전극은 AC 용접에서 아크 농도가 더 좋고 전극 팁이 녹을 위험이 낮기 때문에 알루미늄 합금과 같이 전극 특성에 민감한 용접 재료에 특히 적합합니다.

지르코늄 텅스텐 전극은 일반적으로 "WZ"로 시작하고 WZ3(0.3% 지르코니아 포함) 및 WZ8(0.8% 지르코니아 포함)과 같은 지르코니아 함량을 나타내는 숫자가 옵니다. 이러한 등급 간의 성능 차이는 주로 용접 전류, 재료 유형 및 공정 요구 사항에 따라 아크 안정성, 점화 성능 및 서비스 수명에 반영됩니다. 지르코늄 텅스텐 전극의 물리적 특성에는 높은 용점(약 $3422^{\circ}C$, 순수 텅스텐에 가까움), 우수한 전기 및 열 전도성, 우수한 산화 및 내식성이 포함됩니다. 이러한 기능을 통해 극한 조건에서도 일관된 성능을 유지할 수 있으므로 고정밀 용접 및 절단에 이상적입니다.

지르코늄 텅스텐 전극의 생산 공정에는 분말 야금, 도핑, 소결, 드로잉 및 표면 처리와 같은 여러 단계가 포함됩니다. 생산 공정의 복잡성으로 인해 전극의 화학 성분 균일성과 미세 구조의 안정성을 보장하기 위해 고정밀 장비와 엄격한 품질 관리가 필요합니다. 최근 몇 년 동안 녹색 제조 및 지능형 생산 기술의 발전으로 지르코늄 텅스텐 전극의 생산 공정이 지속적으로 최적화되었으며 제품 품질과 일관성이 크게 향상되었습니다.

1.2 지르코늄 텅스텐 전극의 역사와 발전

지르코늄 텅스텐 전극의 개발 및 적용의 역사는 산업화의 진전과 함께 용접 기술이 급속히 발전한 20 세기 중반으로 거슬러 올라갑니다. 텅스텐 불활성 가스 차폐 용접(TIG 용접)은 20 세기 40 년대에 점차 성숙해졌으며 처음에는 주로 순수 텅스텐 전극을 사용했습니다. 그러나 순수 텅스텐 전극은 아크 불안정성, 점화 어려움, AC 용접 시 심각한 전극 소손과 같은 문제가 있어 수요가 많은 시나리오에서의 적용이 제한됩니다. 이러한 문제를 해결하기 위해 연구자들은 텅스텐 기반에 산화물을 도핑하여 특성을 개선하기 시작했습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

20 세기 50 년대에 지르코니아는 텅스텐 전극 제조에 불순물 물질로 도입되었습니다. 지르코니아는 높은 용점, 고온 저항 및 화학적 안정성의 특성을 가지고 있어 텅스텐 전극의 전자 방출 능력과 소손 저항을 효과적으로 향상시킬 수 있습니다. 초기 지르코늄 텅스텐 전극은 주로 실험 응용 분야에 사용되었으며 생산 공정이 상대적으로 거칠고 도핑 균일성과 전극 품질 안정성이 좋지 않았습니다. 분말 야금 기술 및 고온 소결 기술의 발전으로 지르코늄 텅스텐 전극의 성능은 20 세기 60 년대에 크게 향상되었으며 점차 업계에서 받아들여지고 알루미늄 합금 및 마그네슘 합금의 용접에 널리 사용되었습니다.

20 세기 70 년대에 ISO(International Organization for Standardization)와 AWS(American Welding Society)는 지르코늄 텅스텐 전극의 화학 성분, 성능 요구 사항 및 등급 분류를 포함하여 텅스텐 전극에 대한 관련 표준을 공식화하기 시작했습니다. 이러한 표준의 도입으로 지르코늄 텅스텐 전극의 표준화된 생산과 글로벌 적용이 촉진되었습니다. 같은 기간 동안 지르코늄 텅스텐 전극의 등급 체계가 점차 개선되었고 WZ3 및 WZ8 과 같은 등급이 주류가 되었으며 성능 차이를 체계적으로 연구하여 다양한 용접 시나리오에 적용했습니다.

21 세기에는 항공우주, 원자력 산업, 의료 장비 제조 등 첨단 기술 분야의 급속한 발전으로 지르코늄 텅스텐 전극의 적용 범위가 더욱 확대되었습니다. 최신 지르코늄 텅스텐 전극의 생산은 높은 전극 일관성과 신뢰성을 보장하기 위해 고급 도핑 기술과 정밀 가공 장비를 사용하여 고도로 자동화되었습니다. 동시에 녹색 제조 개념의 도입은 폐기물 배출 감소, 원자재 활용도 향상 등 생산 공정의 환경 최적화를 촉진했습니다.

최근 몇 년 동안 지르코늄 텅스텐 전극의 연구 개발은 성능 최적화 및 다기능으로 전환되었습니다. 예를 들어, 고정밀 AC 용접에 대한 수요에 대응하여 연구원들은 아크 농도와 전극 수명을 더욱 향상시키기 위해 새로운 지르코늄 텅스텐 전극 제제를 개발했습니다. 또한 지르코늄 텅스텐 전극 생산에 나노 기술을 적용하는 것도 연구 핫스팟이 되었으며 나노 스케일 지르코니아 입자의 도핑은 전극의 미세 구조와 성능을 크게 향상시킬 수 있습니다.

1.3 현대 산업에서 지르코늄 텅스텐 전극의 중요성

지르코늄 텅스텐 전극은 현대 산업, 특히 고정밀 용접 및 절단 분야에서 중요한 역할을 합니다. 그 중요성은 주로 다음과 같은 측면에 반영됩니다.

첫째, TIG 용접에 지르코늄 텅스텐 전극을 적용하면 용접 품질과 효율성이 크게 향상됩니다. TIG 용접은 고정밀, 튀김 방지 및 광범위한 적용 가능성으로 인해 항공우주, 자동차 제조 및 조선 산업에서 널리 사용됩니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 AC 용접에서 우수한 아크 안정성을 나타내어 아크 드리프트 및 용접 결함을 효과적으로 줄이며 특히 알루미늄, 마그네슘 및 그 합금과 같은 경금속 용접에 적합합니다. 이러한 재료는 항공 우주 분야(예: 항공기 동체, 엔진 부품) 및 자동차 산업(예: 알루미늄 합금 본체)에서 널리 사용되며 지르코늄 텅스텐 전극의 안정적인 성능은 이러한 산업에 신뢰할 수 있는 보증을 제공합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

둘째, 플라즈마 절단 및 스프레이에 지르코늄 텅스텐 전극을 적용하면 산업적 가치가 더욱 확대됩니다. 플라즈마 절단은 전극이 고온 및 고전류 환경에서 안정적으로 유지되어야 하며 지르코늄 텅스텐 전극의 연소 저항성과 긴 수명은 이상적인 선택입니다. 플라즈마 스프레이에서 지르코늄 텅스텐 전극은 안정적인 플라즈마 아크를 제공하여 코팅 품질과 균일성을 보장하며, 이는 항공 엔진 블레이드 코팅 및 내마모성 재료 준비에 특히 중요합니다.

또한 지르코늄 텅스텐 전극은 원자력 산업 및 의료 기기 제조와 같은 첨단 기술 분야에서도 중요한 응용 분야를 가지고 있습니다. 원자력 산업에서 지르코늄 텅스텐 전극은 원자로의 핵심 부품을 용접하는 데 사용되며 높은 신뢰성과 내식성은 극한 환경의 요구 사항을 충족할 수 있습니다. 의료기기 제조에서 지르코늄 텅스텐 전극은 X 선 장비 및 수술 기구와 같은 고정밀 부품을 생산하는 데 사용되며, 우수한 성능은 장비의 장기적인 안정성과 안전성을 보장합니다.

지르코늄 텅스텐 전극의 광범위한 적용은 관련 산업 체인의 발전도 촉진했습니다. 예를 들어, 지르코늄 텅스텐 전극의 생산은 텅스텐 광석 채굴, 분말 야금 장비 제조 및 품질 검사 기술의 발전을 촉진했습니다. 동시에 표준화된 생산과 국제 무역은 글로벌 용접 산업의 협력과 기술 교류를 촉진합니다.

앞으로 지능형 제조 및 녹색 생산 기술의 추가 발전으로 지르코늄 텅스텐 전극의 성능 및 응용 분야는 계속 확장될 것으로 예상됩니다. 예를 들어, 신에너지(예: 풍력 및 태양광 장비 제조) 및 3D 프린팅 기술 분야에서 지르코늄 텅스텐 전극의 잠재적 응용 분야가 탐구되고 있습니다. 이러한 신흥 분야의 재료 특성 및 공정 정밀도에 대한 요구 사항은 지르코늄 텅스텐 전극의 중요성을 더욱 강조할 것입니다.

요약하면, 지르코늄 텅스텐 전극은 고성능 용접 및 절단 재료로서 우수한 아크 안정성, 소손 저항 및 광범위한 적용 가능성으로 현대 산업에서 중요한 위치를 차지하고 있습니다. 지속적인 기술 발전과 응용 분야 확장은 산업 제조의 혁신과 발전을 지속적으로 주도할 것입니다.



2 장 지르코늄 텅스텐 전극의 기본 개념

2.1 지르코늄 텅스텐 전극의 정의

지르코늄 텅스텐 전극은 고순도 텅스텐을 기반으로 소량의 지르코니아(ZrO_2)를 도핑한 비소모성 전극 재료로 텅스텐 불활성 가스 차폐 용접(TIG 용접), 플라스마 절단 및 플라스마 스프레이와 같은 고온 및 고전류 산업 응용 분야에 주로 사용됩니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 텅스텐 매트릭스에 지르코니아를 첨가함으로써 전극의 아크 안정성, 점화 성능 및 소손 저항성을 크게 향상시켜 교류(AC) 용접, 특히 알루미늄, 마그네슘 및 그 합금과 같은 경금속 용접에 탁월합니다.

ISO 6848 및 AWS A5.12 와 같은 국제 표준에 따르면 지르코늄 텅스텐 전극은 특정 비율의 지르코니아(일반적으로 0.15%에서 0.8%)를 포함하는 텅스텐 합금 전극으로 정의되며 등급은 WZ3(0.3% 지르코니아) 및 WZ8(0.8% 지르코니아)과 같이 "WZ"로 시작합니다. 이 전극은 분말 야금 기술을 사용하여 제조되어 지르코니아를 텅스텐 매트릭스에 균일하게 도핑하여 고온 성능과 전기적 특성을 최적화합니다. 지르코늄 텅스텐 전극의 주요 기능은 아크 용접 또는 절단에서 비소모성 전극 역할을 하여 안정적인 아크를 제공하고 용접 오염을 방지하면서 긴 서비스 수명을 유지하는 것입니다.

지르코늄 텅스텐 전극은 AC 용접에서 순수 텅스텐 전극의 단점을 보완하도록

저작권 및 법적 책임 선언문

설계되었습니다., 아크 불안정성 및 전극 팁의 조기 소손. 톨륨 텅스텐 또는 세륨 텅스텐 전극과 같은 다른 도핑된 전극과 비교할 때 지르코늄 텅스텐 전극은 아크 농도가 강하기 때문에 AC 용접에서 고유한 이점을 제공하여 고정밀 용접 공정에 적합합니다. 또한 지르코늄 텅스텐 전극에는 방사성 원소가 포함되어 있지 않아 톨륨 텅스텐 전극보다 환경 친화적이며 현대 산업의 안전 및 지속 가능성 요구 사항을 충족합니다.

2.2 지르코늄 텅스텐 전극의 화학 성분

지르코늄 텅스텐 전극의 화학 성분은 주로 고순도 텅스텐(W)으로 구성되며 성능 향상제로 소량의 지르코니아(ZrO_2)가 도핑됩니다. 텅스텐의 순도는 일반적으로 고온 및 고전류 환경에서 전극의 안정성을 보장하기 위해 99.5% 이상이어야 합니다. 지르코니아의 도핑 비율은 전극 등급에 따라 다르며, 일반적으로 WZ3(0.3% ZrO_2) 및 WZ8(0.8% ZrO_2)과 같이 0.15%에서 0.8% 사이입니다. 텅스텐과 지르코니아 외에도 지르코늄 텅스텐 전극에는 미량의 불순물(예: 철, 규소, 탄소 등)이 포함될 수 있지만 이러한 불순물의 함량은 전극 성능에 영향을 미치지 않도록 국제 표준에서 지정한 범위(보통 0.05% 미만) 내에서 엄격하게 제어되어야 합니다.

지르코니아의 첨가는 지르코늄 텅스텐 전극의 성능을 향상시키는 열쇠입니다. 지르코니아는 녹는점(약 $2715^{\circ}C$)이 높고 화학적 안정성이 강한 산화물로 텅스텐 매트릭스에 고르게 분포된 작은 입자를 형성할 수 있습니다. 이러한 입자는 텅스텐의 결정 구조와 전자 방출 특성을 변경하여 전극의 아크 안정성과 소손 저항성을 크게 향상시킵니다. 지르코니아의 도핑 비율은 전극의 성능에 직접적인 영향을 미칩니다: 낮은 도핑 수준(예: WZ3)은 중간 전류의 AC 용접에 적합하고 높은 도핑 수준(예: WZ8)은 고전류 및 높은 아크 농도 요구 사항이 있는 시나리오에 더 적합합니다.

지르코늄 텅스텐 전극의 화학 성분은 정확한 원료 비율과 도핑 공정을 통해 생산 중에 제어됩니다. 생산에 일반적으로 사용되는 텅스텐 원료는 고순도 텅스텐 분말이며 지르코니아는 일반적으로 고순도 분말 또는 용액 형태로 첨가됩니다. 도핑 공정은 텅스텐 매트릭스에서 지르코니아 입자의 균일한 분포를 보장하고 전극 성능의 일관성을 보장하기 위해 국부적 응집 또는 분리를 피해야 합니다. 현대 생산 기술에서는 성능을 더욱 최적화하기 위해 희토류 산화물과 같은 미량의 다른 첨가제를 도입할 수도 있지만 이러한 첨가제의 사용은 관련 표준 및 산업 요구 사항을 준수해야 합니다.

2.3 지르코늄 텅스텐 전극과 다른 텅스텐 전극의 비교

텅스텐 전극 제품군의 일원인 지르코늄 텅스텐 전극은 성능, 용도 및 적용 가능한 시나리오 측면에서 순수 텅스텐 전극, 토리에이트 텅스텐 전극, 세륨 텅스텐 전극 및 란탄 텅스텐 전극과 같은 다른 유형의 텅스텐 전극과 크게 다릅니다.

다음은 지르코늄 텅스텐 전극과 기타 텅스텐 전극의 특성을 여러 차원에서 비교한 것입니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

순수 텅스텐 전극 (WP)

순수 텅스텐 전극은 산화물 도핑없이 99.95 % 이상의 고순도 텅스텐으로 만들어집니다. 화학적 안정성이 높고 방사능이 없으며 저전류 직류(DC) 용접에 적합하다는 장점이 있습니다. 그러나 순수 텅스텐 전극은 AC 용접에서 아크 안정성이 좋지 않고 점화 성능이 약하며 전극 팁이 과열 및 소손되기 쉬워 수명이 짧습니다. 대조적으로, 지르코늄 텅스텐 전극은 지르코니아 도핑을 통해 AC 용접의 아크 안정성과 점화 성능을 크게 향상시켜 알루미늄 및 마그네슘 합금 용접에 특히 적합합니다.

토륨 텅스텐 전극(WT20)

토륨 텅스텐 전극에는 1.5%에서 2.0%의 산화토륨(ThO_2)이 도핑되어 점화 성능과 아크 안정성이 우수하며 DC 용접에 널리 사용됩니다. 그러나 산화토륨은 약간 방사성이 있고 잠재적인 건강 및 환경 위험을 초래하며 AC 용접에서 지르코늄 텅스텐 전극보다 아크 농도가 낮습니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 방사성이 없고 환경 친화적이며 AC 용접에서 더 나은 아크 제어를 나타내므로 고정밀 용접에 적합합니다.

세륨 텅스텐 전극 (WC20)

세륨 텅스텐 전극에는 약 2.0%의 산화세륨(CeO_2)이 도핑되어 점화 성능이 우수하고 저전류 DC 및 AC 용접에 적합합니다. 지르코늄 텅스텐 전극과 비교하여 세륨-텅스텐 전극은 고전류 AC 용접에서 아크 안정성이 약간 낮고 전극 수명이 약간 짧습니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 AC 용접에서 소손 저항과 아크 농도가 더 강하여 수요가 많은 시나리오에 적합합니다.

란탄 텅스텐 전극 (WL15, WL20)

란탄 텅스텐 전극에는 1.0%에서 2.0%의 산화란탄(La_2O_3)이 도핑되어 점화 성능이 우수하고 수명이 길며 DC 및 AC 용접에 적합합니다. 지르코늄 텅스텐 전극과 비교하여 란탄 텅스텐 전극은 DC 용접에서 더 나은 성능을 가지고 있지만 아크 농도는 AC 용접에서 지르코늄 텅스텐 전극보다 약간 열등하며, 특히 알루미늄 합금을 용접할 때 지르코늄 텅스텐 전극의 아크 제어 능력이 더 강합니다.

요약하면, 지르코늄 텅스텐 전극은 AC 용접, 특히 알루미늄 및 마그네슘과 같은 경금속을 용접할 때 고유한 이점을 가지고 있습니다. 비방사성 및 환경 친화적 인 특성으로 인해 현대 산업에서 토륨 텅스텐 전극을 점차적으로 대체하고 고정밀 용접에 선호되는 전극이되었습니다. 그러나 DC 용접 또는 저전류 시나리오에서는 세륨 텅스텐 또는 란탄 텅스텐 전극이 더 유리할 수 있습니다. 전극 선택은 특정 공정, 전류 유형 및 재료 요구 사항에 따라 종합적으로 고려해야 합니다.

2.4 지르코늄 텅스텐 전극의 물리적, 화학적 성질

지르코늄 텅스텐 전극의 물리적, 화학적 특성은 고온 및 고전류 환경에서 우수한 성능의 기초입니다. 다음은 녹는점 및 열 안정성, 전기 및 열 전도성, 내산화성 및 내식성, 기계적 성질의 네 가지 측면에서 자세히 분석한 것입니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD

Zirconium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Zirconium Tungsten Electrode

Zirconium tungsten electrode is a non-radioactive welding electrode made by doping a small amount of zirconium oxide (ZrO_2) into a high-purity tungsten base. It is specifically optimized for AC TIG (Tungsten Inert Gas) welding. Its excellent arc stability and outstanding resistance to contamination make it the preferred choice for welding aluminum, magnesium, and their alloys.

2. Types of Zirconium Tungsten Electrode

Grade	Tip Color	ZrO ₂ Content (wt.%)	Characteristics & Applications
WZ3	Brown	0.2–0.4	Ideal for low to medium intensity AC welding; cost-effective
WZ38	White	0.7–0.9	Industry-standard grade with excellent overall performance

3. Standard Sizes & Packaging of Zirconium Tungsten Electrode

Diameter (mm)	Length (mm)	Regular Coloring	Packing:
1.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10 pcs/box
1.6	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.4	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
3.2	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
4.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
Remark	The sizes can be customized		

4. Applications of Zirconium Tungsten Electrode

- Welding of aluminum and aluminum alloys: such as doors, windows, frames, and automotive body structures
- Welding of magnesium and magnesium alloys: widely used in aerospace lightweight components
- AC welding of stainless steel (under specific low-current conditions)
- Precision welding in aerospace, rail transit, pressure vessels, etc.
- Used in automated welding systems and robotic torch assemblies

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

2.4.1 녹는점 및 열 안정성

지르코늄 텅스텐 전극은 텅스텐의 고용점 특성을 계승하여 녹는점이 약 3422°C(순수 텅스텐의 녹는점)로 알려진 금속 재료 중 가장 높은 것 중 하나입니다. 지르코니아(녹는점 약 2715°C)의 도핑은 텅스텐 매트릭스의 이론적 녹는점을 약간 감소시키지만 지르코늄 텅스텐 전극은 실제 응용 분야에서 최대 6000°C의 아크 환경에서 여전히 구조적 안정성을 유지할 수 있습니다. 지르코니아 입자는 텅스텐 매트릭스에 안정적인 분산상을 형성하여 입자 성장과 고온 변형을 효과적으로 억제하여 전극의 열 안정성을 향상시킬 수 있습니다.

TIG 용접 또는 플라즈마 절단에서 지르코늄 텅스텐 전극은 아크에 의해 생성된 고온(약 6000°C에서 7000°C)에 노출됩니다. 뛰어난 열 안정성으로 인해 장시간 고전류 작동 시 팁 모양을 유지하여 소손 및 용융을 줄일 수 있습니다. 순수 텅스텐 전극과 비교하여 지르코늄 텅스텐 전극은 AC 용접, 특히 고주파 스위치 AC 아크에서 열 안정성이 우수하여 안정적인 전자 방출을 유지할 수 있습니다.

2.4.2 전기 및 열 전도율

지르코늄 텅스텐 전극은 전기 및 열 전도성이 우수하며 이는 텅스텐 매트릭스의 특성과 밀접한 관련이 있습니다. 텅스텐의 전도도는 1.82×10^7 S/m 이고 열전도율은 약 173W/(m·K)(실온에서)입니다. 지르코니아의 도핑은 전기 및 열 전도율에 거의 영향을 미치지 않지만 고전류 AC 용접에서 지르코늄 텅스텐 전극의 전도성은 안정적인 아크 형성 및 에너지 전달을 보장합니다.

열전도율은 전극의 성능에 매우 중요합니다. 용접 과정에서 전극 팁은 고온에 노출되며 열전도율이 좋으면 팁에서 전극의 다른 부분으로 열을 빠르게 전도하여 국부적인 과열 및 소손을 방지할 수 있습니다. 지르코늄 텅스텐 전극의 열전도율은 고전류 AC 용접 중에 낮은 팁 온도를 유지하고 서비스 수명을 연장할 수 있도록 합니다.

2.4.3 산화 및 내식성

고온 환경에서 지르코늄 텅스텐 전극의 내산화성 및 내식성은 중요한 장점입니다. 텅스텐 자체는 고온에서 산소와 반응하여 휘발성 산화물(예: WO_3)을 형성하여 전극 소손을 일으키는 경향이 있습니다. 지르코니아의 도핑은 안정적인 산화물 층을 형성하여 전극의 내산화성을 크게 향상시킵니다. 지르코니아 입자는 전극 표면에 보호층을 형성하여 텅스텐과 산소 사이의 반응 속도를 늦추어 지르코늄 텅스텐 전극이 산화 분위기에서 긴 수명을 유지할 수 있도록 합니다.

내식성 측면에서 지르코늄 텅스텐 전극은 불활성 가스, 금속 증기와 같은 일반적인 용접 환경에 존재하는 화학 물질에 대해 우수한 안정성을 나타냅니다. 특히 알루미늄 합금 용접에서 지르코늄 텅스텐 전극은 산화알루미늄 및 기타 오염 물질의 영향에 저항하여 전극 팁의 오염 및 성능 저하를 줄일 수 있습니다.

2.4.4 기계적 성질(경도, 연성 등)

지르코늄 텅스텐 전극의 기계적 특성에는 높은 경도, 적당한 연성 및 우수한 파손

저작권 및 법적 책임 선언문

저항성이 포함됩니다. 텅스텐의 경도 (약 350-400 HV 의 비커스 경도)는 지르코늄 텅스텐 전극에 우수한 내마모성 및 변형 저항성을 부여하여 고주파 진동 및 기계적 응력 하에서 구조적 무결성을 유지할 수 있습니다. 지르코니아의 도핑은 전극의 경도를 약간 증가시키는 동시에 취성 파괴에 대한 저항성을 향상시킵니다.

생산 공정에서 지르코늄 텅스텐 전극을 인발 및 열처리하여 적당한 연성을 달성하여 직경(예: 1.0mm 에서 6.4mm)과 길이가 다른 전극 막대로 가공할 수 있습니다. 연성을 최적화하면 전극이 가공 및 사용 중에 균열이나 파손이 발생하기 쉽지 않습니다. 또한 지르코늄 텅스텐 전극의 피로 저항성은 고주파 AC 아크에서 반복되는 열 및 기계적 응력을 견딜 수 있어 서비스 수명을 연장합니다.



저작권 및 법적 책임 선언문

3 장 지르코늄 텅스텐 전극의 등급

3.1 지르코늄 텅스텐 전극 등급의 분류

지르코늄 텅스텐 전극의 등급 분류는 지르코니아(ZrO_2) 함량 및 성능 특성을 기반으로 하며 다양한 용접 및 절단 공정에 대한 표준화된 전극 선택을 제공하는 것을 목표로 합니다. 등급 분류는 생산 및 응용 분야의 식별을 용이하게 할 뿐만 아니라 사용자에게 명확한 성능 지침을 제공합니다. 국제 및 국내 시장 모두 전 세계적으로 지르코늄 텅스텐 전극의 호환성과 일관성을 보장하기 위해 표준화된 명명 규칙을 사용합니다.

3.1.1 국제적으로 일반적으로 사용되는 등급(예: WZ3, WZ8)

국제적으로 지르코늄 텅스텐 전극은 일반적으로 국제 표준화 기구(ISO 6848) 및 미국 용접 협회(AWS A5.12)의 표준을 따르며, "WZ"로 시작하고 지르코니아의 대략적인 중량 비율(0.1%)을 나타내는 숫자가 옵니다. 가장 일반적인 국제 등급에는 WZ3 및 WZ8 이 포함되며 지르코니아 함량은 각각 0.3% 및 0.8%입니다. 이 등급은 글로벌 용접 산업, 특히 유럽과 미국 시장에서 널리 사용됩니다.

WZ3(0.15%–0.4% ZrO_2): WZ3 는 지르코늄 텅스텐 전극에서 지르코니아 함량이 낮은 등급이며 일반적으로 중간 전류에서 교류(AC) 용접에 사용됩니다. 아크 안정성이 좋고 점화 성능이 우수한 것이 특징으로 알루미늄, 마그네슘 및 그 합금과 같은 경금속 용접에 적합합니다. WZ3 전극은 소진에 대한 저항성이 적당하므로 소규모 용접 작업이나 저주파 AC 용접과 같이 전극 수명이 너무 길지 않은 시나리오에 적합합니다.

WZ8(0.7%–0.9% ZrO_2): WZ8 은 지르코니아 비율이 높으며 고전류 AC 용접용으로 설계되었습니다. 아크 농도가 더 강하고 소진에 대한 저항성이 WZ3 보다 우수하여 항공우주 부품 및 원자력 산업 장비 제조와 같이 고정밀 및 고품질 용접이 필요한 시나리오에 적합합니다. WZ8 전극은 고주파 AC 아크에 탁월하여 안정적인 아크 모양과 긴 수명을 유지합니다.

WZ3 및 WZ8 외에도 특정 요구에 따라 일부 국가 및 지역에서는 다른 비표준 등급이 개발될 수 있지만 이러한 등급의 사용 범위는 좁고 일반적으로 특정 산업 또는 맞춤형 응용 분야로 제한됩니다. 국제 표준은 또한 지르코늄 텅스텐 전극의 색상 식별을 지정하며 WZ3 및 WZ8 은 일반적으로 현장에서 쉽게 식별할 수 있도록 갈색과 흰색(팁 또는 전체 전극 코팅)으로 표시됩니다.

3.1.2 국내 브랜드 명명 규칙

중국에서 지르코늄 텅스텐 전극의 등급 명명은 주로 GB/T 4187-2017 "텅스텐 전극"과 같은 국가 표준(GB/T 표준)을 따릅니다. 국내 등급 명명은 국제 표준과 유사하며 일반적으로 "WZ"로 시작하고 그 뒤에 지르코니아 함량을 나타내는 숫자가 오지만 비즈니스 또는 산업 요구에 따라 확장될 수도 있습니다. 일반적인 국내 등급에는 국제 표준과 일치하는 WZ3 및 WZ8 이 포함되지만 일부 회사에서는 국제 등급과 동일한 의미를 갖는 "WZr-3" 또는 "WZr-8"과 같은 사용자 정의 이름을 사용할 수

저작권 및 법적 책임 선언문

있습니다.

국내 등급 명명 규칙은 전극의 목적이나 성능과 함께 보완될 수도 있습니다. 예를 들어, 일부 회사에서는 WZ8 전극의 고정밀 가공을 위한 "WZ8-H"와 같이 전극의 특정 가공 공정이나 적용 시나리오를 나타내기 위해 등급 뒤에 문자나 숫자를 추가합니다. 국내 표준은 지르코늄 텅스텐 전극의 화학 성분, 치수 공차 및 성능 요구 사항을 명확하게 규정하여 국제 표준에 부합하도록 보장합니다.

국제 시장과 비교하여 국내 브랜드 명명은 현지화된 응용 분야에 더 많은 관심을 기울이고 있으며, 특히 중소 규모 용접 기업 및 비표준 장비 제조에서는 일부 비표준화된 명명 방법이 있을 수 있습니다. 이러한 명명 방법은 일반적으로 고객 요구에 따라 제조업체에서 맞춤화하지만 제품 품질과 일관성을 보장하기 위해 전반적인 참조는 여전히 GB/T 표준을 참조합니다.

3.2 각 등급의 지르코늄 함량 및 성능의 차이

지르코늄 텅스텐 전극의 성능 차이는 주로 지르코니아 함량의 차이로 인해 발생합니다. 도펀트로서 지르코니아는 텅스텐 매트릭스의 미세 구조 및 전자 방출 특성을 변경하여 전극의 아크 안정성, 점화 성능, 소손 저항 및 수명에 큰 영향을 미칩니다. 다음은 WZ3와 WZ8 등급 간의 지르코늄 함량 및 성능 차이에 대한 자세한 분석입니다.

WZ3(0.15%–0.4% ZrO₂) WZ3 전극은 지르코니아 함량이 낮고 중간 전류(50–150A)에서 AC 용접에 적합합니다. 주요 성능 특성은 다음과 같습니다.

아크 안정성: WZ3는 아크 드리프트가 적은 AC 용접에서 안정적인 아크를 제공하므로 얇은 시트 알루미늄 또는 마그네슘 합금 용접에 적합합니다.

점화 성능: 지르코니아 함량이 낮기 때문에 WZ3는 점화 시 전자 탈출 작업이 낮고 아크를 시작하기가 더 쉽습니다.

연소 저항 능력: 순수 텅스텐 전극에 비해 WZ3는 연소 저항성이 향상되었지만 고전류 또는 장시간 용접 시 전극 끝에서 약간의 소손이 발생할 수 있습니다.

수명: WZ3는 수명이 적당하여 중소형 용접 작업에 적합하지만 고전류 또는 고주파 용접에서는 WZ8보다 수명이 약간 짧습니다.

미세 구조: WZ3는 지르코니아 입자가 드물게 분포되어 있고 입자 크기가 커서 중간 강도의 용접 환경에 적합합니다.

WZ8(0.7%–0.9% ZrO₂) WZ8 전극은 지르코니아 함량이 높으며 고전류(150–400A) AC 용접용으로 설계되었으며 다음과 같은 성능 특성을 가지고 있습니다.

아크 안정성: WZ8의 아크 농도가 매우 강하고 아크 모양이 안정적이어서 항공우주 부품용 TIG 용접과 같은 고정밀 용접에 적합합니다.

점화 성능: 높은 지르코니아 함량은 전자 탈출 작업을 더욱 줄여 WZ8이 고주파 AC 아크에서 우수한 점화 성능을 갖도록 합니다.

연소 저항 기능: WZ8의 연소 저항은 WZ3보다 훨씬 우수하여 고전류 및 고온

저작권 및 법적 책임 선언문

환경에서 팁 모양을 유지하여 용융 또는 균열을 줄입니다.

수명: WZ8 은 수명이 길어 장기간의 고강도 용접 작업에 적합합니다.

미세 구조: WZ8 은 지르코니아 입자가 더 조밀하고 입자 크기가 작으며 미세 구조가 더 균일하여 전극의 고온 저항을 향상시킵니다.

다른 등급 일부 특수 응용 분야에서는 0.5% 또는 1.0% 지르코니아를 함유한 지르코늄 텅스텐 전극과 같은 비표준 등급을 사용할 수 있습니다. 이러한 등급은 일반적으로 WZ3 에서 WZ8 사이의 성능을 가진 맞춤형 제품으로, 고정밀 플라즈마 절단 또는 특수 합금 용접과 같은 특정 산업 요구 사항에 적합합니다.

지르코니아 함량이 증가하면 일반적으로 전극의 아크 안정성과 소손 저항성이 향상되지만 도핑이 너무 높으면 전극 취성이 증가하거나 가공 난이도가 증가할 수 있습니다. 따라서 WZ3 및 WZ8 의 지르코니아 함량은 성능과 비용 사이의 최상의 균형으로 간주되어 대부분의 산업 요구를 충족합니다.

3.3 지르코늄 텅스텐 전극 등급의 선택 및 적용 시나리오

지르코늄 텅스텐 전극의 등급 선택은 용접 품질, 효율성 및 비용에 직접적인 영향을 미칩니다. 다음은 적용 시나리오, 용접 공정 및 재료 유형 측면에서 WZ3 및 WZ8 의 적용 가능성을 분석합니다.

WZ3 의 응용 시나리오

용접 재료: WZ3 는 알루미늄, 마그네슘 및 그 합금, 특히 박판 용접(예: 두께가 3mm 미만인 알루미늄 합금 판)에 적합합니다. 아크 안정성은 용접 결함을 줄여 표면 품질 요구 사항이 높은 시나리오에 적합합니다.

전류 범위: 50-150A 의 AC 용접에 적합하며 수동 TIG 용접기와 같은 중소형 용접 장비에 적합합니다.

일반적인 응용 분야: 가전 제품 제조, 자전거 알루미늄 합금 프레임 용접, 선박 알루미늄 구조 용접.

장점: 저렴한 비용, 쉬운 점화, 중소 규모 생산 또는 저주파 용접 작업에 적합합니다.

제한 사항: 고전류 또는 장기간 용접에서는 WZ3 의 소손 저항성과 수명이 충분하지 않을 수 있습니다.

WZ8 의 적용 시나리오

용접 재료: WZ8 은 수요가 많은 알루미늄 합금, 마그네슘 합금 및 스테인리스강, 특히 후판 용접(예: 두께 5mm 이상) 또는 고정밀 용접에 적합합니다.

전류 범위: 150-400A 의 고전류 AC 용접에 적합하며 자동 용접 장비 또는 고주파 AC 아크에 적합합니다.

일반적인 응용 분야: 항공우주(예: 항공기 동체, 엔진 부품), 원자력 산업(예: 원자로 부품), 의료 기기 제조(예: X 선 장비 인클로저).

장점: 강한 아크 농도, 높은 연소 저항 및 긴 수명으로 고강도 및 장기 용접 작업에 적합합니다.

제한 사항: 비용이 높고 처리가 약간 더 어려우므로 저전류 또는 저정밀도 시나리오에는 적합하지 않을 수 있습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

선택 원칙 지르코늄 텅스텐 전극 등급의 선택은 다음 요소를 종합적으로 고려해야 합니다.

용접 종류: 저전류의 경우 WZ3, 고전류의 경우 WZ8.

재료 유형: 알루미늄 및 마그네슘 합금은 지르코늄 텅스텐 전극을 선호하며 WZ8 은 고정밀 요구 사항에 더 적합합니다.

용접 환경: WZ8 은 고주파 AC 또는 고열 입력 시나리오에 선호되며 일반 AC 용접에는 WZ3 를 선택할 수 있습니다.

경제성: WZ3 는 비용이 저렴하고 중소기업에 적합합니다. WZ8 은 뛰어난 성능을 제공하며 고급 애플리케이션에 적합합니다.

장비 호환성: 전극 직경과 길이가 용접 장비와 일치하는지 확인하며 일반적인 직경은 1.6mm, 2.4mm, 3.2mm 등입니다.

3.4 지르코늄 텅스텐 전극 등급의 표준화 및 국제 비교

지르코늄 텅스텐 전극의 등급 표준화는 전 세계적으로 일관성과 호환성을 보장하는데 중요합니다. 국제 및 국내 표준은 지르코늄 텅스텐 전극의 등급, 화학 성분 및 성능 요구 사항에 대한 통일된 사양을 제공하여 용접 산업의 글로벌 발전을 촉진합니다.

국제 표준

ISO 6848:2015: 이 표준은 지르코늄 텅스텐 전극을 "WZ" 시리즈로 분류하는 비소모성 텅스텐 전극에 대한 분류 및 요구 사항을 지정하고 화학 성분, 색상 지정(갈색 또는 흰색) 및 WZ3(0.15%–0.4% ZrO₂) 및 WZ8(0.7%–0.9% ZrO₂)에 대한 성능 요구 사항을 지정합니다. ISO 표준은 또한 전극의 치수 공차, 표면 품질 및 검사 방법을 지정합니다.

AWS A5.12/A5.12M:2009: 미국 용접 협회 표준은 ISO 표준과 매우 일치하며 지르코늄 텅스텐 전극의 등급, 화학 성분 및 적용 시나리오를 자세히 정의합니다. AWS 표준에서 WZ3 와 WZ8 의 색상 식별은 각각 갈색과 흰색이며 이는 국제 관행에 부합합니다.

기타 국제 표준: 유럽(EN 표준) 및 일본(JIS 표준)도 ISO 및 AWS 표준을 참조하여 지르코늄 텅스텐 전극의 글로벌 호환성을 보장합니다.

국내 표준

GB/T 4187-2017: 중국 국가 표준 "텅스텐 전극"은 지르코늄 텅스텐 전극의 등급, 화학 성분, 성능 및 테스트 방법을 자세히 지정합니다. 국내 WZ3 및 WZ8 은 국제 표준과 일치하지만 "WZr-3" 또는 "WZr-8"과 같은 기업 표준에는 확장된 명명이 있을 수 있습니다.

산업 표준: 중국 용접 협회 및 비철금속 산업 협회는 특정 산업(예: 항공 우주, 원자력 산업)에서 지르코늄 텅스텐 전극에 대한 추가 요구 사항을 설정하는 보충 표준을 개발했습니다.

국제 비교 국제 등급과 국내 등급의 비교 관계는 비교적 간단하며 WZ3 및 WZ8 은 ISO, AWS 및 GB/T 표준에서 일관되게 정의됩니다. 색상 식별(갈색 또는 흰색)은

저작권 및 법적 책임 선언문

현장에서 쉽게 식별할 수 있도록 전 세계적으로 균일합니다. 일부 국가에서는 표준의 전극에 대한 불순물 함량, 표면 처리 또는 포장 요구 사항에 약간의 차이가 있을 수 있지만 핵심 성능 지표는 일관되게 유지됩니다.

표준화 동향 용접 기술의 발전으로 지르코늄 텅스텐 전극의 표준화도 지속적으로 업데이트됩니다. 향후 동향은 다음과 같습니다.

성능 최적화: 고전류, 고주파 또는 특수 재료의 용접 요구 사항에 맞는 새로운 등급을 개발합니다.

환경 보호 요구 사항: 전극의 불순물 함량을 더욱 줄이고 녹색 제조를 촉진합니다.

국제 조정: 글로벌 무역 및 적용을 촉진하기 위해 ISO, AWS 및 GB/T 표준의 조정을 강화합니다.

지능형 테스트: 자동 테스트 기술을 도입하여 등급 인증의 정확성과 효율성을 향상시킵니다.



CTIA GROUP LTD

Zirconium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Zirconium Tungsten Electrode

Zirconium tungsten electrode is a non-radioactive welding electrode made by doping a small amount of zirconium oxide (ZrO₂) into a high-purity tungsten base. It is specifically optimized for AC TIG (Tungsten Inert Gas) welding. Its excellent arc stability and outstanding resistance to contamination make it the preferred choice for welding aluminum, magnesium, and their alloys.

2. Types of Zirconium Tungsten Electrode

Grade	Tip Color	ZrO ₂ Content (wt.%)	Characteristics & Applications
WZ3	Brown	0.2–0.4	Ideal for low to medium intensity AC welding; cost-effective
WZ38	White	0.7–0.9	Industry-standard grade with excellent overall performance

3. Standard Sizes & Packaging of Zirconium Tungsten Electrode

Diameter (mm)	Length (mm)	Regular Coloring	Packing:
1.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10 pcs/box
1.6	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.4	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
3.2	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
4.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
Remark	The sizes can be customized		

4. Applications of Zirconium Tungsten Electrode

- Welding of aluminum and aluminum alloys: such as doors, windows, frames, and automotive body structures
- Welding of magnesium and magnesium alloys: widely used in aerospace lightweight components
- AC welding of stainless steel (under specific low-current conditions)
- Precision welding in aerospace, rail transit, pressure vessels, etc.
- Used in automated welding systems and robotic torch assemblies

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

4 장 지르코늄 텅스텐 전극의 특성

4.1 지르코늄 텅스텐 전극의 아크 안정성

아크 안정성은 텅스텐 불활성 가스 차폐 용접(TIG 용접) 및 플라스마 절단에서 지르코늄 텅스텐 전극의 핵심 특성 중 하나이며, 이는 고전류, 고온 아크 환경에서 안정적인 아크 모양을 유지하고 아크 드리프트를 방지하는 전극의 능력을 나타냅니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 지르코니아(ZrO_2) 도핑으로 인해 아크 안정성이 뛰어나며, 특히 교류(AC) 용접에서 더욱 그렇습니다.

지르코니아의 도핑은 텅스텐 매트릭스의 전자 탈출 일 함수를 감소시켜 전극 표면에서 전자가 더 쉽게 방출되도록 하여 안정적인 아크를 생성합니다. 순수 텅스텐 전극과 비교하여 지르코늄 텅스텐 전극의 아크는 더 집중되어 있으며 아크 드리프트 현상이 크게 감소합니다. 이 특성은 알루미늄 및 마그네슘과 같은 경금속을 용접할 때 특히 중요한데, 이러한 재료는 AC 용접의 아크 불안정성으로 인해 다공성 또는 비용합과 같은 용접 결함이 발생하기 쉽습니다. 지르코늄 텅스텐 전극의 아크 안정성은 주로 텅스텐 매트릭스에 지르코니아 입자가 균일하게 분포되어 결정 구조와 표면 전자 방출 특성을 최적화하여 아크의 내구성과 제어 가능성을 향상시킵니다.

실제 응용 분야에서 지르코늄 텅스텐 전극의 아크 안정성은 지르코니아 함량과 밀접한 관련이 있습니다. 예를 들어, WZ3(0.15%~0.4% ZrO_2)에 비해 WZ8(0.7%~0.9% ZrO_2)은 아크 농도가 더 높고 고전류(150~400A) AC 용접에 적합하며 고주파 아크에서 안정적인 아크 모양을 유지할 수 있습니다. WZ3 는 중전류(50-150A) 시나리오에 더 적합하며 아크 안정성은 박판 용접 또는 저주파 AC 용접의 요구 사항을 충족하기에 충분합니다. 아크 안정성의 우수한 성능으로 인해 지르코늄 텅스텐 전극은 용접 품질이 매우 높은 항공 우주, 자동차 제조 및 조선 산업에서 널리 사용됩니다.

또한 지르코늄 텅스텐 전극의 아크 안정성은 전극 팁의 모양에 의해서도 영향을 받습니다. 팁을 테이퍼형 모양(보통 30° ~ 60°)으로 연마하면 아크 집중을 더욱 향상시키고 아크 확산을 줄일 수 있습니다. 최신 용접 장비는 구형과 AC 와 같은 전류 파형을 정밀하게 제어하여 지르코늄 텅스텐 전극의 아크 안정성을 더욱 최적화하여 복잡한 용접 환경에서 더 높은 신뢰성을 발휘할 수 있도록 합니다.

4.2 지르코늄 텅스텐 전극의 점화 성능 및 전극 수명

점화 성능은 전극이 아크를 시작하는 용이성을 말하며, 일반적으로 점화 전압과 점화 성공률로 평가됩니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 지르코니아의 도핑으로 인해 전자 탈출 작업(순수 텅스텐의 경우 약 2.7-3.0eV 에서 4.5eV 에서 감소)을 크게 줄여 특히 고주파 AC 용접에서 아크 개시를 더 쉽게 만듭니다. 이러한 우수한 점화 성능으로 인해 지르코늄 텅스텐 전극은 알루미늄 및 마그네슘 합금 용접에 선택되는 재료입니다.

WZ8 전극의 점화 성능은 지르코니아 함량이 높기 때문에 WZ3 보다 우수합니다. 고주파 AC 용접에서 WZ8 은 낮은 점화 전압에서 빠르게 아크를 형성하여 점화 실패 또는 아크 중단의 위험을 줄일 수 있습니다. WZ3 의 점화 성능은 WZ8 에 비해 약간

저작권 및 법적 책임 선언문

떨어지지만 중간 전류 범위에서 안정적인 점화 결과를 제공하므로 중소 규모의 용접 작업에 적합합니다. 향상된 점화 성능은 용접 효율을 향상시킬 뿐만 아니라 점화 어려움으로 인한 장비 손실 및 작동 시간 낭비를 줄입니다.

전극 수명은 지르코늄 텅스텐 전극의 또 다른 주요 특성으로, 전극이 정상적인 사용 조건에서 성능을 유지할 수 있는 시간을 나타냅니다. 지르코늄 텅스텐 전극의 수명은 주로 소진 및 오염에 저항하는 능력에 의해 제한됩니다. 지르코니아의 도핑은 안정적인 산화물 층을 형성하여 고온 아크에서 전극의 소손률을 크게 감소시킵니다. WZ8 전극은 특히 고전류, 장기 용접에서 지르코니아 함량이 높기 때문에 일반적으로 WZ3 보다 수명이 30%~50% 더 깁니다. 예를 들어, 항공우주 부품의 TIG 용접에서 WZ8 전극은 자주 교체하지 않고도 몇 시간 동안 연속 고전류(200-300A)에서 작동할 수 있습니다.

전극 수명은 용접 환경 및 작동 조건의 영향도 받습니다. 예를 들어, 아르곤이나 헬륨과 같은 적절한 불활성 가스 보호는 전극 표면의 산화를 줄이고 수명을 연장할 수 있습니다. 팁 연삭 각도와 전류 파형의 최적화는 전극 수명을 효과적으로 연장합니다. 순수 텅스텐 전극과 비교하여 지르코늄 텅스텐 전극의 수명은 일반적으로 AC 용접에서 2-3 배 연장되어 산업 생산에서 더 경제적입니다.

4.3 지르코늄 텅스텐 전극의 내연소성 및 오염 방지 능력

연소 저항은 고온 아크 환경에서 팁 용융 또는 손실에 저항하는 지르코늄 텅스텐 전극의 능력입니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 지르코니아로 도핑하여 연소 저항성을 크게 향상시킵니다. 지르코니아 입자는 텅스텐 매트릭스에 안정적인 분산상을 형성하여 고온에서 텅스텐의 휘발 및 산화 반응을 효과적으로 억제할 수 있습니다(WO_3 와 같은 휘발성 산화물 형성). 이 보호 메커니즘을 통해 지르코늄 텅스텐 전극은 $6000^{\circ}C$ 이상의 아크 환경에서 팁 모양을 유지하여 소손 및 용융을 줄일 수 있습니다.

WZ8 전극은 지르코니아 함량이 높을수록 더 조밀한 보호층을 형성하기 때문에 WZ3 보다 소손에 더 강합니다. 고전류 AC 용접에서 WZ8 전극의 팁 소손률을 순수 텅스텐 전극의 1/3 로 줄여 전극 수명을 크게 연장할 수 있습니다. WZ3 전극은 또한 적당한 전류에서 우수한 소진 저항을 제공하지만 장시간 고전류 작동으로 인해 팁이 약간 마모될 수 있습니다.

오염 저항성은 용접 공정 중 금속 증기, 산화물 또는 기타 오염 물질의 접촉에 저항하는 전극의 능력을 나타냅니다. 알루미늄 합금 용접에서는 산화알루미늄(Al_2O_3) 및 기타 불순물이 전극 팁에 부착되는 경향이 있어 아크 불안정이나 점화 어려움을 초래합니다. 지르코늄 텅스텐 전극의 오염 방지 능력은 지르코니아의 화학적 안정성 때문이며 표면은 산화알루미늄이나 기타 오염 물질과 화학 반응을 일으키기 쉽지 않습니다. 또한 지르코늄 텅스텐 전극은 표면 마감이 더 높으며 종종 정밀 연마를 통해 달성되어 오염 물질 접촉 가능성을 더욱 줄입니다.

실제 응용 분야에서 지르코늄 텅스텐 전극의 오염 저항성은 복잡한 용접 환경에서

저작권 및 법적 책임 선언문

탁월한 성능을 발휘할 수 있습니다. 예를 들어, 습도가 높거나 산소가 공급되는 환경에서 지르코늄 텅스텐 전극은 안정적인 아크 성능을 유지하고 오염으로 인한 용접 결함을 줄일 수 있습니다. 토륨 텅스텐 전극과 비교하여 지르코늄 텅스텐 전극은 방사성이 없고 환경 친화적이며 AC 용접에서 세륨 텅스텐 및 란탄 텅스텐 전극보다 오염 방지 능력이 우수합니다.

4.4 다양한 용접 환경에서 지르코늄 텅스텐 전극의 성능

다양한 용접 환경에서 지르코늄 텅스텐 전극의 성능은 전류 유형(DC 또는 AC), 납땜 재료 및 공정 조건에 따라 다릅니다. 다음은 직류(DC) 및 교류(AC) 용접에서의 성능을 분석합니다.

4.4.1 직류 납땜(DC)

직류 용접(DC)에서 지르코늄 텅스텐 전극은 일반적으로 음극(DCEN, 직류 전극 양극)으로 사용되며 아크는 공작물에 전자를 방출합니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 주요 장점이 AC 용접에 있기 때문에 DC 용접에 상대적으로 거의 사용되지 않습니다. 그러나 지르코늄 텅스텐 전극은 저전류 용접 또는 특수 합금 용접과 같은 특정 DC 용접 시나리오에서 여전히 역할을 할 수 있습니다.

아크 안정성: DC 용접에서 지르코늄 텅스텐 전극의 아크 안정성은 토륨 텅스텐 또는 란탄 텅스텐 전극보다 약간 열등하지만 순수 텅스텐 전극보다 우수합니다. 지르코니아 도핑은 아크를 상대적으로 집중시켜 스테인리스강 또는 마그네슘 합금의 얇은 시트를 용접하는 데 적합합니다.

점화 성능: 지르코늄 텅스텐 전극은 DC 용접에서 점화 성능이 우수하지만 저전류에서는 세륨 텅스텐 또는 란탄 텅스텐 전극만큼 뛰어나지 않습니다.

소손 저항: DC 용접에서 전극 팁 온도가 낮고 지르코늄 텅스텐 전극의 소손 저항은 요구 사항을 충족하기에 충분하고 수명이 깁니다.

적용 시나리오: DC 용접에서 지르코늄 텅스텐 전극의 적용은 주로 의료 기기 제조 또는 식품 등급 스테인리스강 용접과 같이 전극 오염에 민감한 시나리오에 중점을 둡니다.

전반적으로 지르코늄 텅스텐 전극은 DC 용접에서 토륨 텅스텐 또는 란타늄 텅스텐 전극만큼 성능이 좋지는 않지만 비방사능 및 오염에 대한 저항성으로 인해 특정 시나리오에서 경쟁력이 있습니다.

4.4.2 AC 용접(AC)

AC 용접은 지르코늄 텅스텐 전극의 주요 응용 분야이며, 특히 알루미늄 및 마그네슘과 같은 경금속을 용접할 때 더욱 그렇습니다. AC 용접에서 전극은 양극과 양극으로 양극과 음극 반원을 번갈아 가며 전극 끝의 온도 변동이 커서 전극의 높은 열 안정성과 소손 저항이 필요합니다.

아크 안정성: 지르코늄 텅스텐 전극은 집중된 아크와 낮은 드리프트로 AC 용접에서 우수한 아크 안정성을 나타냅니다. WZ8 전극은 고전류(150-400A)에서 안정적인 원추형 아크를 형성할 수 있으며 이는 두꺼운 알루미늄 합금 용접에 적합합니다. WZ3

저작권 및 법적 책임 선언문

전극은 중간 전류(50-150A)에 적합하며 시트 용접에 사용됩니다.

점화 성능: 지르코늄 텅스텐 전극은 AC 용접, 특히 고주파 AC 아크에서 우수한 점화 성능을 가지므로 아크를 빠르게 시작하고 점화 실패를 줄일 수 있습니다.

연소 저항 능력: AC 용접에서 지르코늄 텅스텐 전극의 연소 저항은 순수 텅스텐 전극의 연소 저항보다 훨씬 우수합니다. WZ8 전극은 고주파 및 고전류 조건에서 팁 모양을 유지하고 서비스 수명을 연장합니다.

적용 시나리오: 지르코늄 텅스텐 전극은 항공우주(예: 항공기 동체 용접), 자동차 제조(예: 알루미늄 합금 본체) 및 해양 산업(예: 알루미늄 합금 선체)에 널리 사용됩니다. AC 용접에서의 우수한 특성으로 인해 알루미늄 합금 용접에 선호되는 전극입니다.

AC 용접에서 지르코늄 텅스텐 전극의 장점은 현대 용접 장비의 현재 파형 제어 기술 때문이기도 합니다. 예를 들어, 구형파 AC 는 지르코늄 텅스텐 전극의 고성능과 결합하여 아크의 양극 및 음극 반 원주 스위칭을 최적화하여 용접 품질을 더욱 향상시킬 수 있습니다.

4.5 지르코늄 텅스텐 전극의 열역학적 특성

지르코늄 텅스텐 전극의 열역학적 특성은 주로 열용량, 열팽창 계수, 열전도율 및 기타 지표를 포함하여 고온 아크 환경에서 안정적인 성능을 유지하기 위한 기초입니다. 열역학적 특성은 아래에서 자세히 분석됩니다.

열용량: 지르코늄 텅스텐 전극의 비열용량은 약 $0.13\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ (순수 텅스텐에 가까움), 고온에서 열을 흡수 및 저장할 수 있어 팁 과열을 줄일 수 있습니다. 지르코니아의 도핑은 전극의 열용량을 약간 증가시켜 고주파 교류 아크의 온도 변동에 더 잘 대처할 수 있도록 합니다.

열팽창 계수: 지르코늄 텅스텐 전극의 열팽창 계수는 약 $4.5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ (순수 텅스텐에 가까움)이며 열팽창 계수가 낮아 고온에서 변형이 적어 팁 형태의 안정성을 유지합니다. 지르코니아를 첨가하면 열팽창 계수가 더욱 감소하고 전극의 열충격 저항성이 향상됩니다.

열전도율: 지르코늄 텅스텐 전극의 열전도율은 약 $173\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ (실온에서)로 전극 팁에서 다른 부품으로 열을 빠르게 전도하여 국부적인 과열을 방지할 수 있습니다. WZ8 전극은 밀도가 높은 미세 구조로 인해 WZ3 보다 열전도율이 약간 더 우수하여 고전류 납땜에서 더 낮은 팁 온도를 유지하는 데 도움이 됩니다.

열 안정성: 지르코늄 텅스텐 전극의 높은 용점(약 3422°C)은 6000°C 이상의 아크 환경에서 구조적 무결성을 유지할 수 있습니다. 지르코니아 입자는 입자 성장과 고온 변형을 억제하여 전극의 열 안정성을 향상시킵니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

이러한 열역학적 특성을 통해 지르코늄 텅스텐 전극은 고전류 및 장기간 용접과 같은 극한 조건에서 안정적인 성능을 유지하여 소손 및 변형을 줄이고 서비스 수명을 연장할 수 있습니다.

4.6 지르코늄 텅스텐 전극의 미세 구조 분석

지르코늄 텅스텐 전극의 미세 구조는 성능에 상당한 영향을 미치며 일반적으로 주사 전자 현미경(SEM), X 선 회절(XRD) 및 투과 전자 현미경(TEM)과 같은 기술을 사용하여 분석됩니다. 지르코늄 텅스텐 전극의 미세 구조는 주로 텅스텐 매트릭스와 지르코니아 입자의 분포 특성을 포함합니다.

텅스텐 매트릭스: 지르코늄 텅스텐 전극의 텅스텐 매트릭스는 일반적으로 입자 크기가 10-50 μ m 범위인 체심 입방체(BCC) 결정 구조입니다. 텅스텐의 고순도 (99.5 % 이상)는 매트릭스의 소형화와 기계적 강도를 보장합니다.

지르코니아 입자: 지르코니아는 텅스텐 매트릭스에 작은 입자(직경 0.1-1 μ m)로 고르게 분포되어 있으며 WZ8 은 WZ3 보다 입자 밀도가 높습니다. 지르코니아 입자는 피닝 효과를 통해 고온에서 텅스텐 입자의 성장을 억제하여 전극의 열 안정성과 기계적 특성을 향상시킵니다.

계면 특성: 지르코니아와 텅스텐 매트릭스 사이의 계면은 뚜렷한 기공이나 균열 없이 단단히 결합되어 있습니다. 이 우수한 인터페이스 결합은 열충격 및 소진에 대한 전극의 저항성을 향상시킵니다.

미세한 결합: 고품질 지르코늄 텅스텐 전극의 다공성은 미세 구조에서 0.5% 미만이며 불순물상(예: 산화물 또는 탄화물)의 함량은 매우 낮습니다. 생산 중 소결 및 열처리 공정은 미세한 결합을 줄이는 데 필수적입니다.

미세 구조 분석 결과 WZ8 전극은 지르코니아 입자의 분포가 더 균일하고 입자 크기가 더 작아(약 10-20 μ m) 고전류 용접에서 더 높은 안정성을 제공하는 것으로 나타났습니다. WZ3 전극은 입자 크기가 약간 더 크며(약 20-50 μ m) 중간 전류 시나리오에 적합합니다. 미세 구조의 최적화는 지르코늄 텅스텐 전극의 성능을 향상시키는 열쇠이며, 현대 생산 기술은 도핑 및 소결 공정을 제어하여 구조의 균일성과 밀도를 더욱 향상시킵니다.

4.7 중텅스텐 지능형 제조 지르코늄 텅스텐 전극 MSDS

물질안전보건자료(MSDS)는 지르코늄 텅스텐 전극의 사용, 보관 및 취급에 대한 안전 지침을 제공합니다. 다음은 산업 표준 및 공통 사양을 기반으로 하는 중국 텅스텐 지능형 제조의 지르코늄 텅스텐 전극의 MSDS 에 대한 요약입니다.

제품 이름: 지르코늄 텅스텐 전극(WZ3, WZ8)

화학 성분: 텅스텐(W, 99.5% 이상), 지르코니아(ZrO_2 , 0.15%–0.9%), 미량 불순물(Fe, Si, C 등, <0.05%).

물리적 상태: 단단한 금속 막대, 직경 1.0–6.4mm, 길이 150–300mm.

저작권 및 법적 책임 선언문

위험 식별:

지르코늄 텅스텐 전극은 심각한 건강 위험이 없으며 정상적인 사용 시 방사성이 없습니다.

용접 과정에서 금속 증기, 오존 및 자외선이 발생할 수 있으므로 보호 장비(예: 용접 마스크, 장갑)를 착용해야 합니다.

전극을 연마할 때 텅스텐 먼지가 발생할 수 있으며 환기 장비 및 호흡 보호 장치가 필요합니다.

응급처치 조치:

먼지 흡입: 환기가 잘되는 곳으로 이동하여 필요한 경우 의사의 진료를 받으십시오.

피부 접촉: 특별한 위험이 없으며 그냥 씻으십시오.

눈 접촉: 먼지가 눈에 들어간 경우 물로 헹구고 의사의 진료를 받으십시오.

화재 방지 조치: 지르코늄 텅스텐 전극은 불연성이며 건조 분말 또는 이산화탄소 소화기를 사용하여 주변 화재를 처리합니다.

취급 및 보관:

습기나 열을 피하고 건조하고 통풍이 잘되는 환경에 보관하십시오.

사용 후에는 폐전극을 재활용하여 금속 폐기물로 폐기하여 무작위 폐기하지 않도록 폐기해야 합니다.

개인 보호: 용접할 때 보호 마스크, 장갑 및 환기 장비를 사용하십시오. 연삭할 때는 방진 마스크와 고글을 착용하십시오.

환경 적 영향: 지르코늄 텅스텐 전극은 심각한 환경 위험이 없으며 생산 및 폐기는 환경 규정을 준수해야 합니다.

배송 정보: 위험하지 않은 물품, 운송 중 기계적 손상 및 습기를 피하십시오.

China Tungsten Intelligent Manufacturing의 지르코늄 텅스텐 전극 MSDS는 국제 표준(예: OSHA, REACH)을 준수하여 사용자가 작동 중에 안전하고 규정을 준수하도록 합니다. 실제 MSDS는 제조업체 및 지역 규정에 따라 조금씩 다를 수 있으며, 사용자는 공급업체에서 제공하는 특정 버전을 참조하는 것이 좋습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문



5 장 지르코늄 텅스텐 전극의 제조 및 생산 공정

지르코늄 텅스텐 전극의 준비 생산 공정은 원료 선택에서 완제품 가공에 이르기까지 여러 단계를 포함하는 복잡하고 고정밀 공정입니다. 지르코늄 텅스텐 전극의 고성능은 원료 품질, 도핑 균일성, 미세 구조 제어 및 가공 공정 최적화에 따라 달라집니다. 이 장에서는 지르코늄 텅스텐 전극의 준비 및 생산 공정에 대해 자세히 설명하고 원료 준비, 분말 야금 공정, 성형 기술, 표면 처리 및 연마, 품질 관리 및 공정 최적화를 다룹니다.

5.1 지르코늄 텅스텐 전극 원료 준비

원료 준비는 지르코늄 텅스텐 전극 생산의 기본이며 화학 성분, 미세 구조 및 최종 특성에 직접적인 영향을 미칩니다. 지르코늄 텅스텐 전극의 주요 원료에는 고순도 텅스텐 분말과 지르코니아(ZrO_2) 화합물이 포함되며, 생산 요구 사항을 충족하기 위해 엄격하게 선택하고 전처리해야 합니다.

5.1.1 텅스텐 분말 및 지르코늄 화합물의 선택

텅스텐 분말 선택

텅스텐 분말은 지르코늄 텅스텐 전극의 주요 원료로, 일반적으로 텅스텐 산 염(예 : 파라 텅스텐 산 암모늄, APT)에서 환원 공정을 통해 제조됩니다. 텅스텐 분말의 순도는 매우 높으며 일반적으로 99.95% 이상(3N5 등급 이상)에 도달하여 불순물(예:

저작권 및 법적 책임 선언문

철, 규소, 탄소, 산소)이 전극 성능에 미치는 영향을 줄입니다. 텅스텐 분말의 입자 크기 분포는 후속 공정에 매우 중요하며, 일반적인 입자 크기는 1-10 μm 이고 평균 입자 크기는 약 3-5 μm 입니다. 입자 크기가 미세하면 분말의 소결 성능과 전극의 밀도를 향상시키는 데 도움이 되지만 입자가 너무 미세하면 분쇄 난이도와 생산 비용이 증가할 수 있습니다.

텅스텐 분말의 형태도 엄격하게 제어되어야 하며, 유동성과 부피 밀도가 우수하여 혼합 및 압착 공정에 도움이 되기 때문에 구형 또는 구형에 가까운 입자가 선호됩니다. 현대 생산에서 텅스텐 분말은 일반적으로 균일한 형태와 낮은 불순물 함량을 보장하기 위해 수소 환원 또는 플라즈마 구상화에 의해 제조됩니다.

지르코니아 화합물 선택

지르코니아(ZrO_2)는 지르코니아 텅스텐 전극의 도펀트로 사용되며 일반적으로 고순도 분말 또는 용액으로 첨가됩니다. 지르코니아의 순도는 전극의 전자 방출 성능을 방해하는 불순물을 피하기 위해 99.9% 이상에 도달해야 합니다. 지르코니아 입자의 입자 크기는 일반적으로 0.1-1 μm 범위이며, 나노 스케일 지르코니아(<100nm)는 텅스텐 매트릭스에 더 고르게 분포되어 전극의 미세 구조 안정성을 향상시킬 수 있기 때문에 고급 전극 생산에서 점차 대중화되고 있습니다.

지르코니아의 선택은 또한 결정 구조, 일반적으로 단사정 ZrO_2 또는 부분적으로 안정화된 지르코니아(PSZ, 소량의 산화마그네슘 또는 이트륨 산화물이 도핑됨)를 고려해야 합니다. 단사정 지르코니아는 고온 소결 과정에서 안정성이 우수하여 지르코늄 텅스텐 전극 제조에 적합합니다. 지르코니아의 첨가 비율은 전극 등급(예: WZ3, WZ8)에 따라 정밀하게 제어되며 일반적으로 0.15%-0.9%(중량 비율)입니다.

5.1.2 원료의 순도 및 전처리

원료 순도: 원료의 순도는 지르코늄 텅스텐 전극의 성능에 직접적인 영향을 미칩니다. 텅스텐 분말의 불순물(예: 철 < 0.005%, 실리콘 < 0.003%, 탄소 < 0.005%)은 화학 분석(예: ICP-MS, 유도 결합 플라즈마 질량 분석법)을 통해 엄격하게 검출됩니다. 지르코니아의 불순물(예: 알루미늄, 산화규소)도 전극의 화학적 안정성과 아크 성능을 보장하기 위해 0.01% 미만으로 제어되어야 합니다.

고순도 원료의 선택은 공급업체 자격 및 생산 공정과 결합되어야 합니다. 예를 들어, 텅스텐 분말 제조업체는 고급 환원 및 정제 장비를 갖추어야 하며, 지르코니아는 고순도와 균일한 입자 형태를 보장하기 위해 화학적 침전 또는 졸-겔 방법으로 제조해야 합니다.

전처리 전처리 원료 전처리에는 표면 불순물을 제거하고 입자 크기 분포를 조정하며 원료의 균일성을 향상시키는 것을 목표로 세척, 건조 및 스크리닝과 같은 단계가 포함됩니다. 텅스텐 분말은 일반적으로 표면 산화물과 유기 잔류물을 제거하기 위해 절임(예: 묽은 염산 또는 질산 용액)을 제거한 다음 산화를 방지하기 위해 진공 또는 불활성 가스(예: 아르곤)에서 건조합니다. 지르코니아 분말은 흡착된 수분과 휘발성 불순물을 제거하기 위해 초음파 세척 또는 고온 소성으로 세척해야 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

스크리닝은 텅스텐 분말과 지르코니아의 입자 크기 분포를 제어하기 위한 전처리의 중요한 단계입니다. 진동 스크린 또는 기류 분류기는 일반적으로 목표 범위(텅스텐 분말의 경우 3-5 μ m, 지르코니아의 경우 0.1-1 μ m) 내의 입자 크기를 제어하는 데 사용됩니다. 또한 일부 고급 생산 공정에서는 볼 밀링 또는 분무 건조 기술을 사용하여 원료의 형태와 흐름을 더욱 최적화할 수 있습니다.

5.2 지르코늄 텅스텐 전극의 분말 야금 공정

분말 야금은 지르코늄 텅스텐 전극 생산의 핵심 공정으로, 혼합, 압착 및 소결과 같은 단계를 통해 텅스텐 분말과 지르코니아를 조밀한 전극 블랭크로 변환합니다. 분말 야금 공정의 정밀한 제어는 전극의 미세 구조와 성능에 매우 중요합니다.

5.2.1 혼합 및 분쇄

섞다

혼합은 텅스텐 분말과 지르코니아 분말을 균일하게 결합하는 과정으로, 텅스텐 매트릭스에서 지르코니아 입자의 균일한 분포를 보장하는 것을 목표로 합니다. 혼합은 일반적으로 건식 또는 습식 혼합 공정을 사용하여 수행됩니다.

건식 혼합: 고속 믹서 또는 V-믹서를 사용하여 아르곤과 같은 불활성 가스의 보호 하에 혼합이 수행됩니다. 혼합 시간은 분말 응집 및 불순물 유입을 방지하기 위해 일반적으로 2-4 시간입니다.

습식 혼합: 텅스텐 분말과 지르코니아를 액체 매체(예: 에탄올 또는 탈이온수)에 분산시켜 교반 또는 초음파 분산을 통해 균일한 혼합을 달성합니다. 습식 혼합 후 분무 건조 또는 진공 건조를 통해 액체 매체를 제거해야 합니다.

혼합 공정에서는 지르코니아 비율(예: WZ3 의 경우 0.3%, WZ8 의 경우 0.8%)을 정밀하게 제어해야 하며 일반적으로 고정밀 전자 저울을 사용하여 계량됩니다. 현대 생산에서는 유성 믹서와 같은 자동화된 혼합 장비를 통해 혼합 균일성을 개선하고 인적 오류를 줄일 수 있습니다.

빻다

분쇄는 분말 입자를 더욱 미세화하여 입자 크기 분포와 형태를 최적화하는 데 사용됩니다. 일반적으로 사용되는 장비로는 볼 밀 또는 에어플로우 밀이 있으며, 분쇄 매체(예: 지르코니아 볼 또는 텅스텐 볼)는 고경도, 저오염 재료를 선택해야 합니다. 분쇄 시간은 일반적으로 4-8 시간이며, 분말 산화를 방지하기 위해 온도(<50°C)를 조절해야 합니다. 분쇄된 분말은 균일한 입자 크기(텅스텐 분말의 경우 2-5 μ m, 지르코니아의 경우 0.1-0.5 μ m)를 보장하기 위해 다시 스크리닝됩니다.

나노 규모의 지르코니아 연삭에는 보다 균일한 도핑 효과를 얻기 위해 고에너지 볼 밀링 또는 초미세 연삭 기술이 필요합니다. 분쇄 과정에서 성능 저하를 방지하기 위해 분말의 산소 함량과 불순물 수준을 모니터링해야 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD

Zirconium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Zirconium Tungsten Electrode

Zirconium tungsten electrode is a non-radioactive welding electrode made by doping a small amount of zirconium oxide (ZrO_2) into a high-purity tungsten base. It is specifically optimized for AC TIG (Tungsten Inert Gas) welding. Its excellent arc stability and outstanding resistance to contamination make it the preferred choice for welding aluminum, magnesium, and their alloys.

2. Types of Zirconium Tungsten Electrode

Grade	Tip Color	ZrO ₂ Content (wt.%)	Characteristics & Applications
WZ3	Brown	0.2–0.4	Ideal for low to medium intensity AC welding; cost-effective
WZ38	White	0.7–0.9	Industry-standard grade with excellent overall performance

3. Standard Sizes & Packaging of Zirconium Tungsten Electrode

Diameter (mm)	Length (mm)	Regular Coloring	Packing:
1.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10 pcs/box
1.6	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.4	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
3.2	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
4.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
Remark	The sizes can be customized		

4. Applications of Zirconium Tungsten Electrode

- Welding of aluminum and aluminum alloys: such as doors, windows, frames, and automotive body structures
- Welding of magnesium and magnesium alloys: widely used in aerospace lightweight components
- AC welding of stainless steel (under specific low-current conditions)
- Precision welding in aerospace, rail transit, pressure vessels, etc.
- Used in automated welding systems and robotic torch assemblies

5. Procurement Information

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

5.2.2 프레스 성형

프레스는 일반적으로 냉간 등방성 프레스(CIP) 또는 성형 공정을 사용하여 혼합 분말을 전극 블랭크에 압착하는 공정입니다. 압착의 목적은 후속 소결을 용이하게 하는 특정 강도와 밀도를 가진 빌렛을 형성하는 것입니다.

냉간 등방성 프레스(CIP): 혼합된 분말을 유연한 금형에 넣고 고압(100-200MPa)에서 액체 매체(예: 물 또는 오일)를 통해 고르게 압착하여 조밀한 블랭크를 형성합니다. CIP 공정은 빌렛의 다공성과 응력 집중을 줄이고 소결 후 전극의 균일성을 향상시킬 수 있습니다.

성형: 분말은 단단한 금형과 유압 프레스를 사용하여 원통형 블랭크로 압착되어 소량 생산에 적합합니다. 성형 공정에서는 빌렛의 균열을 방지하기 위해 압력(50-100MPa)과 유지 시간(10-30 초)을 정밀하게 제어해야 합니다.

압착 공정 중에 분말의 부피 밀도(일반적으로 50%-60% 이론 밀도)를 제어하고 곱팡이 오염을 피해야 합니다. 압착 빌렛의 직경은 일반적으로 10-20mm 이고 길이는 100-300mm 이며 구체적인 크기는 후속 가공 요구에 따라 결정됩니다.

5.2.3 소결 공정

소결은 프레스된 빌렛을 고온으로 가열하여 분말 입자를 조밀한 재료로 결합하는 공정입니다. 지르코늄 텅스텐 전극의 소결은 일반적으로 전극의 고밀도 및 낮은 불순물 함량을 보장하기 위해 고온 진공 소결 또는 수소 보호 소결을 사용합니다.

소결 장비: 일반적으로 사용되는 고온 진공 소결로 또는 수소 소결로, 온도 범위는 1800-2200°C 입니다. 진공 소결은 빌렛에서 산소와 휘발성 불순물을 효과적으로 제거하는 반면, 수소 소결은 대기를 환원시켜 텅스텐 산화를 방지합니다.

소결 공정 매개변수:

온도: 소결 온도는 일반적으로 휘발성 물질을 제거하기 위한 1000°C 사전 소결, 입자 결합을 촉진하기 위한 1800-2000°C 주 소결, 결정 구조를 최적화하기 위한 2200°C 고온 보존 등 단계적으로 정밀하게 제어해야 합니다.

시간: 총 소결 시간은 4-8 시간, 유지 시간은 1-2 시간입니다.

대기: 진공 $< 10^{-3}$ Pa 또는 고순도 수소(순도 $> 99.999\%$).

소결 효과: 고품질 지르코늄 텅스텐 전극의 소결 밀도는 95%-98%의 이론 밀도에 도달할 수 있으며 다공성은 0.5% 미만입니다. 지르코니아 입자는 소결 공정 중에 고르게 분포되어 텅스텐 입자의 성장을 억제하고 전극의 열 안정성과 기계적 특성을 향상시킵니다.

소결 빌렛은 균열이나 기공이 없는지 확인하기 위해 X 선 검사 또는 초음파 검사를 통해 내부 결함이 있는지 확인해야 합니다. 소결 공정의 최적화는 지르코늄 텅스텐 전극의 성능을 향상시키는 열쇠이며, 현대 생산에서는 온도와 대기를 정확하게 조정하기 위해 컴퓨터 제어 시스템이 자주 사용됩니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

5.3 지르코늄 텅스텐 전극의 성형 기술

소결된 빌렛은 원하는 크기, 모양 및 성능을 얻기 위해 인발, 압출, 열처리 및 어닐링과 같은 단계를 포함한 성형 기술을 통해 사양을 충족하는 전극 막대로 가공되어야 합니다.

5.3.1 드로잉 및 압출

그림

드로잉은 일련의 금형을 통해 소결된 블랭크를 점차적으로 늘려 가느다란 전극 막대를 만드는 과정입니다. 드로잉 장비에는 멀티 패스 드로잉 머신이 포함되며 금형 재료는 일반적으로 텅스텐의 높은 경도를 견디기 위해 카바이드 또는 다이아몬드입니다. 그리기 프로세스 중에 다음 매개변수를 제어해야 합니다.

인발 속도: 0.1-1m/min, 너무 빠르면 표면 결함이 발생할 수 있습니다.

윤활제: 흑연 또는 이황화 폴리브덴 윤활제를 사용하여 금형 마모와 전극 표면 균형을 줄입니다.

패스: 일반적으로 빌렛 직경을 10-20mm 에서 1.0-6.4mm 로 줄이려면 10-20 번의 드로잉이 필요합니다.

인발된 전극봉의 직경 공차는 $\pm 0.05\text{mm}$, 표면 거칠기 $Ra < 0.8\mu\text{m}$ 이내로 제어해야 합니다. 인발 공정은 전극의 기계적 강도와 표면 마감에 향상시킬 수 있지만 과도한 연신으로 인한 내부 미세 균열을 피해야 합니다.

압출 성형

압출은 드로잉의 대안이며 >6mm 와 같은 대구경 전극 생산에 적합합니다. 압출 장비는 유압 압출기이며 빌렛은 고온(1200-1500°C)에서 다이에 의해 압출 및 성형됩니다. 압출 공정의 장점은 한 번에 성형할 수 있어 가공 패스 수를 줄일 수 있지만 장비 및 금형의 고온 저항이 필요하다는 것입니다.

5.3.2 열처리 및 어닐링

열처리

열처리는 드로잉 또는 압출 중 내부 응력을 제거하여 전극의 결정 구조를 최적화하는 데 사용됩니다. 열처리는 일반적으로 진공 또는 수소 보호로에서 1200-1600°C 의 온도와 1-2 시간의 유지 시간에서 수행됩니다. 열처리는 전극의 연성과 파괴 저항성을 향상시켜 사용 중 취성 파괴 위험을 줄일 수 있습니다.

어닐링

어닐링은 느린 냉각(냉각 속도 $< 50^\circ\text{C/h}$)을 통해 내부 응력을 더욱 줄이기 위한 열처리의 다음 단계입니다. 어닐링 공정은 전극의 미세 구조를 개선하여 지르코니아 입자의 보다 균일한 분포를 허용하고 전극의 열 안정성과 아크 성능을 향상시킬 수 있습니다. 어닐링된 전극의 표면을 검사하여 산화나 균열이 없는지 확인해야 합니다.

5.4 지르코늄 텅스텐 전극의 표면 처리 및 연마

표면 처리 및 연마는 지르코늄 텅스텐 전극 생산의 마지막 단계로, 전극의 표면 마감

저작권 및 법적 책임 선언문

및 성능 안정성을 향상시키는 것을 목표로 합니다. 표면 품질은 전극의 점화 성능과 오염 방지 능력에 직접적인 영향을 미칩니다.

표면 처리

표면 준비에는 드로잉 또는 압출 공정에서 남은 윤활제, 산화물 또는 미세 스크래치를 제거하기 위한 청소 및 디버링이 포함됩니다. 일반적인 방법은 다음과 같습니다.

화학적 세척: 5% 질산이나 염산과 같은 묽은 산 용액을 사용하여 전극 표면을 청소하여 산화물과 불순물을 제거합니다.

초음파 세척: 탈이온수 또는 에탄올에서 초음파 진동에 의해 작은 입자와 기름 얼룩을 제거합니다.

플라즈마 세척: 저온 플라즈마를 사용하여 전극 표면을 처리하여 표면 청결도를 향상시킵니다.

연마

연마는 전극 표면의 마감율을 개선하고 표면 거칠기($Ra < 0.4\mu m$)를 줄이는 데 사용됩니다. 일반적으로 사용되는 연마 장비에는 회전식 연마기 또는 전기화학 연마 장비가 포함되며 연마 매체는 알루미나 또는 다이아몬드 현탁액입니다. 연마 공정에는 과잉 연마로 인한 표면의 과열이나 변형을 방지하기 위해 제어된 속도와 압력이 필요합니다. 광택 된 전극 표면에는 거울 광택이 있어 용접 중 오염 물질 접착 및 아크 드리프트를 줄이는 데 도움이 됩니다.

일부 고급 전극은 레이저 연마 또는 이온 빔 연마 기술을 사용하여 나노 규모의 표면 마감율을 달성하여 점화 성능과 오염 방지 기능을 더욱 향상시킬 수 있습니다.

5.5 지르코늄 텅스텐 전극의 품질 관리 및 공정 최적화

품질 관리 및 공정 최적화는 지르코늄 텅스텐 전극 생산의 모든 측면을 관통하며 전극의 화학 성분, 미세 구조 및 성능이 국제 표준(예: ISO 6848, AWS A5.12, GB/T 4187)을 준수하는지 확인하는 것을 목표로 합니다.

품질 관리

원료 테스트: ICP-MS, XRF(X-ray 형광 분광법) 및 기타 방법을 통해 텅스텐 분말 및 지르코니아의 화학 성분을 검출하여 불순물 함량이 표준 요구 사항보다 낮은지 확인합니다.

공정 모니터링: 온라인 모니터링 장비(예: 레이저 입자 크기 분석기, 적외선 온도계)를 사용하여 혼합, 압착, 소결 및 성형 공정 중 공정 매개변수를 제어하고 분말 입자 크기, 빌렛 밀도 및 소결 온도를 실시간으로 감지합니다.

완제품 검사: 소결 및 성형 후 전극은 다음을 포함한 여러 차원에서 테스트해야 합니다.

화학 성분: 분광 분석을 통해 지르코니아 함량을 확인합니다(예: WZ3의 경우 0.3%, WZ8의 경우 0.8%).

미세구조: 입자 크기와 지르코니아 분포는 SEM과 XRD를 사용하여 분석되었습니다.

치수 공차: 전극 직경($\pm 0.05mm$)과 길이($\pm 1mm$)는 레이저 거리 측정기로 확인합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

표면 품질: Ra 값($<0.4\mu\text{m}$)은 표면 거칠기 측정기를 사용하여 감지되었습니다.

프로세스 최적화

자동화된 생산: PLC(프로그램머블 로직 컨트롤러) 또는 SCADA(데이터 수집 및 모니터링 시스템)를 사용하여 혼합, 압착 및 소결 공정을 제어하여 생산 일관성과 효율성을 향상시킵니다.

녹색 제조: 에너지 소비 및 배기 가스 배출을 줄이기 위해 소결 공정을 최적화합니다. 폐기물(예: 텅스텐 분말 및 지르코니아)을 재활용하여 원료 활용도를 향상시킵니다.

지능형 기술: 인공 지능과 기계 학습을 도입하여 데이터 분석을 통해 최적의 소결 온도 및 드로잉 속도를 예측하고 전극 성능 및 생산 수율을 향상시키는 등 공정 매개변수를 최적화합니다.

나노기술: 나노 규모의 지르코니아 입자와 고급 도핑 기술(예: 졸-겔 방법)을 사용하여 전극의 미세 구조 균일성과 성능 안정성을 향상시킵니다.

품질 관리와 공정 최적화의 조합은 지르코늄 텅스텐 전극의 고성능과 일관성을 보장하여 항공우주 및 원자력 산업과 같은 매우 까다로운 분야의 응용 분야 요구 사항을 충족합니다. 현대 생산 기업은 또한 생산 공정을 더욱 표준화하기 위해 ISO 9001 품질 경영 시스템 인증을 통과했습니다.



저작권 및 법적 책임 선언문

Copyright© 2025 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- 2025V
sales@chinatungsten.com

CTIA GROUP LTD

Zirconium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Zirconium Tungsten Electrode

Zirconium tungsten electrode is a non-radioactive welding electrode made by doping a small amount of zirconium oxide (ZrO_2) into a high-purity tungsten base. It is specifically optimized for AC TIG (Tungsten Inert Gas) welding. Its excellent arc stability and outstanding resistance to contamination make it the preferred choice for welding aluminum, magnesium, and their alloys.

2. Types of Zirconium Tungsten Electrode

Grade	Tip Color	ZrO ₂ Content (wt.%)	Characteristics & Applications
WZ3	Brown	0.2–0.4	Ideal for low to medium intensity AC welding; cost-effective
WZ38	White	0.7–0.9	Industry-standard grade with excellent overall performance

3. Standard Sizes & Packaging of Zirconium Tungsten Electrode

Diameter (mm)	Length (mm)	Regular Coloring	Packing:
1.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10 pcs/box
1.6	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.4	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
3.2	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
4.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
Remark	The sizes can be customized		

4. Applications of Zirconium Tungsten Electrode

- Welding of aluminum and aluminum alloys: such as doors, windows, frames, and automotive body structures
- Welding of magnesium and magnesium alloys: widely used in aerospace lightweight components
- AC welding of stainless steel (under specific low-current conditions)
- Precision welding in aerospace, rail transit, pressure vessels, etc.
- Used in automated welding systems and robotic torch assemblies

5. Procurement Information

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

6 장 지르코늄 텅스텐 전극의 생산 기술

지르코늄 텅스텐 전극의 생산 기술은 도핑 기술, 고온 소결, 정밀 가공, 자동화 및 지능형 생산, 녹색 제조 및 생산 문제에 대한 솔루션을 포함하여 고성능 및 높은 일관성을 달성하는 열쇠입니다. 텅스텐 불활성 가스 차폐(TIG 용접) 및 플라즈마 절단의 핵심 재료인 지르코늄 텅스텐 전극은 성능 최적화, 비용 관리 및 환경 보호 요구 사항을 고려해야 합니다. 이 장에서는 지르코늄 텅스텐 전극 생산 기술의 다양한 측면을 자세히 살펴보고 공정 원리, 핵심 기술 및 최신 개발을 분석합니다.

6.1 지르코늄 텅스텐 전극의 도핑 기술

도핑 기술은 지르코늄 텅스텐 전극 생산의 핵심 부분으로, 고순도 텅스텐 매트릭스에 지르코니아(ZrO_2)를 첨가하여 전극의 아크 안정성, 점화 성능 및 소손 저항성을 크게 향상시킵니다. 도핑 기술의 목표는 전극의 화학 성분이 국제 표준(예: ISO 6848 및 AWS A5.12)을 충족하는지 확인하면서 텅스텐 매트릭스에서 지르코니아의 균일한 분포를 달성하는 것입니다.

6.1.1 산화지르코늄의 도핑 방법

지르코니아의 도핑 방법은 지르코늄 텅스텐 전극의 미세 구조와 특성에 직접적인 영향을 미칩니다. 일반적으로 사용되는 도핑 방법에는 건식 도핑, 습식 도핑 및 화학적 동시 침전이 포함되며 각각 고유한 장점이 있으며 다양한 생산 요구 사항 및 전극 등급(예: WZ3, WZ8)에 적합합니다.

건식 도핑

건식 도핑은 기계적 혼합을 통해 고순도 텅스텐 분말에 지르코니아 분말을 도핑하는 과정입니다. 혼합 장비는 일반적으로 고속 믹서, V-믹서 또는 유성 볼 밀이며, 작동 환경에서는 분말 산화를 방지하기 위해 불활성 가스(예: 아르곤 또는 질소)가 필요합니다. 건식 도핑 프로세스에는 다음이 포함됩니다.

원료 준비: 순도 > 99.95%(입자 크기 3-5 μm)와 순도 99.9%의 텅스텐 분말(입자 크기 0.1-1 μm)을 > 선택했습니다.

혼합: 목표 비율(예: WZ3 의 경우 0.3% ZrO_2 , WZ8 의 경우 0.8% ZrO_2)으로 성분의 무게를 측정하고 고속 혼합기를 사용하여 100-300rpm 의 혼합 속도로 2-4 시간 동안 혼합합니다.

체질: 혼합된 분말을 진동 스크린(체 구멍 < 10 μm)으로 제거하여 응집된 입자를 제거하여 균일한 입자 크기를 보장합니다.

건식 도핑의 장점은 공정이 간단하고 비용이 저렴하여 대량 생산에 적합하다는 것입니다. 그러나 균일성은 기계적 혼합 효율에 의해 제한되며 국부적인 지르코니아 입자 응집이 발생하기 쉬워 전극 성능에 영향을 미칩니다.

습식 도핑

습식 도핑은 탈이온수나 에탄올과 같은 액체 매질에 텅스텐 분말과 지르코니아를 혼합한 다음 건조하여 제거하는 것입니다. 습식 도핑 공정에는 다음이 포함됩니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

분산: 텅스텐 분말과 지르코니아 분말을 액체 매질에 첨가하여 초음파 분산 또는 고속 교반(500-1000rpm)을 사용하여 균질한 현탁액을 형성합니다.

혼합: 교반 또는 볼 밀링(분쇄 시간 4-8 시간)을 통해 지르코니아 입자의 균일한 분포를 보장합니다.

건조: 분무 건조 또는 진공 건조(온도 < 100°C)를 사용하여 액체 매체를 제거하여 균질한 혼합 분말을 얻습니다.

습식 도핑의 장점은 특히 나노 규모의 지르코니아 도핑의 경우 더 높은 도핑 균일성을 달성할 수 있다는 것입니다. 그러나 습식 도핑은 불순물 유입을 방지하기 위해 액체 매질의 순도를 제어해야 하며 건조 공정으로 인해 에너지 소비가 증가할 수 있습니다.

화학적 공침법 화학적 공침법은 화학 반응을 통해 텅스텐 매트릭스에 지르코니아 입자를 직접 생성하는 고급 도핑 기술입니다. 프로세스에는 다음이 포함됩니다.

용액 준비: 텅스텐산염(예: 파라텅스텐산암모늄)을 물에 녹이고 지르콘염 용액(예: 염화지르코늄 또는 질산지르코늄)을 첨가합니다.

공침: 침전제(예: 암모니아)를 첨가하여 텅스텐과 지르코늄 이온이 동시에 침전되어 지르코니아를 함유한 텅스텐 전구체를 형성합니다.

소성: 침전물을 800-1000°C 에서 소성하여 지르코니아를 함유한 텅스텐 분말을 생산합니다.

화학적 공장의 장점은 도핑 균일성이 매우 높고 지르코니아 입자가 나노 규모(<100nm)에 도달할 수 있어 전극 성능이 크게 향상된다는 것입니다. 그러나 그 공정은 복잡하고 비용이 많이 들며 주로 고급 지르코늄 텅스텐 전극 생산에 사용됩니다.

기타 도핑 방법 최근 몇 년 동안 솔-겔 및 플라즈마 스프레이 방법은 지르코늄 텅스텐 전극의 도핑 연구에도 사용되었습니다. 졸-겔 방법은 지르코늄 함유 겔 전구체를 제조하여 나노 규모의 도핑을 달성하는 반면, 플라즈마 스프레이 방법은 고온 플라즈마를 통해 텅스텐 매트릭스에 지르코니아를 증착시킵니다. 이러한 방법은 고전류 플라즈마 절단과 같은 특수 목적 전극에 적합하지만 아직 산업 생산에는 널리 사용되지 않습니다.

6.1.2 도핑 균일성 제어

도핑 균일성은 지르코늄 텅스텐 전극 성능의 일관성의 핵심이며, 이는 전극의 아크 안정성과 수명에 직접적인 영향을 미칩니다. 고르지 않은 도핑으로 인해 국부적인 성능 변화가 발생하여 아크 드리프트 또는 전극 소손이 발생할 수 있습니다. 도핑 균일성 제어는 다음 측면에서 시작해야 합니다.

원료 입자 크기 제어: 텅스텐 분말과 지르코니아의 입자 크기는 일반적으로 텅스텐 분말의 경우 3-5μm, 지르코니아의 경우 0.1-1μm 로 일치해야 합니다. 입자 크기

저작권 및 법적 책임 선언문

차이가 너무 높으면 혼합이 고르지 않아 소결 효과에 영향을 미칠 수 있습니다.

혼합 장비 최적화: 유성 볼 밀 또는 초음파 분산기와 같은 고정밀 혼합 장비를 사용하여 지르코니아 입자의 균일한 분포를 보장합니다. 예를 들어, 습식 도핑은 500-1000rpm의 제어된 혼합 속도와 4-6시간의 혼합 시간이 필요합니다.

온라인 모니터링: 레이저 입자 크기 분석기와 주사 전자 현미경(SEM)을 사용하여 분말의 입자 크기 분포와 혼합 균일성을 실시간으로 모니터링합니다. 현대 생산에서는 AI 알고리즘을 사용하여 SEM 이미지를 분석하고 도핑 균일성을 예측할 수 있습니다.

공정 매개변수 조정: 혼합 시간, 매체 비율 및 분쇄 강도를 조정하여 지르코니아 분포를 최적화합니다. 예를 들어, 분산제(예: 폴리비닐 알코올)를 습식 도핑에 첨가하여 현탁액 안정성을 향상시킬 수 있습니다.

품질 검사: 혼합 분말은 X 선 형광 분광법(XRF) 또는 유도 결합 플라즈마 질량 분석법(ICP-MS)으로 검출하여 목표 등급(예: WZ3, WZ8)과 일치하는지 확인해야 합니다.

도핑 균일성 제어의 최근 발전에는 나노 기술 응용 및 지능형 혼합 장비가 포함됩니다. 나노 규모의 지르코니아의 도입은 도핑 균일성을 크게 향상시키는 반면, 지능형 혼합 장비는 실시간 피드백을 통해 공정 매개변수를 조정하여 생산 일관성을 더욱 향상시킵니다.

6.2 지르코늄 텅스텐 전극의 고온 소결 기술

고온 소결은 혼합된 분말을 빌렛으로 압축한 다음 고온 처리를 통해 조밀한 전극 블랭크로 결합하는 핵심 공정입니다. 소결 기술은 지르코늄 텅스텐 전극의 밀도, 미세 구조 및 성능 안정성에 직접적인 영향을 미칩니다. 지르코늄 텅스텐 전극의 소결은 일반적으로 텅스텐 산화를 방지하고 고밀도를 보장하기 위해 진공 소결 또는 수소 보호 소결을 사용하여 수행됩니다.

소결 장비

고온 소결로는 소결 공정의 핵심 장비로 고정밀 온도 제어 및 대기 제어 기능이 필요합니다. 일반적으로 사용되는 장비는 다음과 같습니다.

진공 소결로: 진공 $< 10^{-3}$ Pa, 온도 범위 1800-2200°C, 고순도 전극 생산에 적합합니다.

수소 소결로: 고순도 수소(>99.999%)를 보호 분위기로 사용하여 텅스텐 산화를 방지하여 대량 생산에 적합합니다.

마이크로파 소결로: 최근 몇 년 동안 등장한 소결 기술로, 마이크로파 가열을 통해 빠르고 균일한 소결을 달성하여 소결 시간(2-4 시간)을 단축합니다.

소결 공정

소결 공정은 일반적으로 사전 소결, 주 소결 및 보온의 세 단계로 나뉩니다.

사전 소결(800-1000°C): 빌렛에서 휘발성 불순물(예: 수분, 윤활제)과 흡착된 가스를 1-2 시간 동안 제거합니다.

주 소결(1800-2000°C): 2-4 시간 동안 텅스텐 입자의 결합과 지르코니아 분산상 형성을

저작권 및 법적 책임 선언문

촉진합니다. 과도한 입자 크기나 다공성 잔류물을 방지하기 위해 소결 온도를 정밀하게 제어해야 합니다($\pm 10^{\circ}\text{C}$).

단열($2000-2200^{\circ}\text{C}$): 결정 구조를 최적화하고 전극의 소형화와 열 안정성을 향상시키기 위해 1-2 시간 동안 따뜻하게 유지합니다.

소결 매개변수

온도: 소결 온도는 전극 등급에 따라 최적화되어야 하며, 지르코니아 입자의 균일한 분포를 보장하기 위해 WZ8(높은 지르코니아 함량)은 더 높은 온도($2000-2200^{\circ}\text{C}$)에 있어야 합니다.

대기: 진공 소결은 $<10^{-3} \text{ Pa}$ 의 진공도를 유지해야 하며, 수소 소결은 환원 분위기를 유지하기 위해 수소 가스 유량($10-50\text{L/min}$)을 제어해야 합니다.

가열 속도: 급격한 가열로 인한 빌렛 균열을 방지하기 위해 일반적으로 $5-10^{\circ}\text{C/min}$ 입니다.

냉각 속도: 내부 응력 축적을 방지하기 위해 $20-50^{\circ}\text{C/h}$ 로 제어됩니다.

소결 효과

고품질 지르코늄 텅스텐 전극의 소결 밀도는 $95\%-98\%$ 의 이론 밀도에 도달할 수 있으며 다공성은 $0.5\%<$. 지르코니아 입자는 소결 중에 안정적인 분산상을 형성하여 텅스텐 입자 성장(입자 크기 $10-20\mu\text{m}$)을 억제합니다. 소결 빌렛은 균열이나 기공이 없는지 확인하기 위해 X 선 검사 또는 초음파 검사를 통해 내부 결함이 있는지 확인해야 합니다.

기술 발전 최근 몇 년 동안 고온 소결 기술의 발전은 다음과 같습니다:

플라즈마 소결(SPS): 고전압 펄스 전류(가열 속도 $> 100^{\circ}\text{C/min}$)로 급속 가열하여 소결 시간을 줄이고 밀도를 높입니다.

마이크로파 소결: 마이크로파 에너지를 활용하여 균일한 가열을 통해 에너지 소비를 줄이고 미세 구조를 개선합니다.

지능형 제어: 컴퓨터 제어 시스템과 센서를 사용하여 온도, 대기 및 빌렛 상태를 실시간으로 모니터링하여 소결 매개변수를 최적화합니다.

고온 소결 기술의 최적화는 지르코늄 텅스텐 전극의 성능 일관성과 생산 효율성을 크게 향상시켜 고정밀 용접을 위한 안정적인 재료 지원을 제공합니다.

6.3 지르코늄 텅스텐 전극의 정밀 가공 기술

정밀 가공 기술은 소결 빌렛을 드로잉, 압출, 절단 및 연삭과 같은 공정을 포함하여 사양을 충족하는 전극 막대로 가공하는 데 중요한 단계입니다. 정밀 가공의 목표는 전극의 높은 치수 정확도, 표면 마감 및 성능 안정성을 달성하는 것입니다.

드로잉 기법 드로잉은 일련의 금형을 통해 소결된 빌렛을 점차적으로 늘려 가느다란 전극 막대를 만드는 과정입니다. 드로잉 장비는 다중 패스 드로잉 머신이며 금형 재료는 일반적으로 텅스텐의 높은 경도를 견디기 위해 카바이드 또는 다이아몬드입니다. 드로잉 프로세스 매개변수에는 다음이 포함됩니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

인발 속도: 0.1–1m/min, 너무 빠르면 표면 긁힘이나 내부 미세 균열이 발생할 수 있습니다.

금형 설계: 금형 구멍 크기가 점차 감소하고(매번 5%–10%) 빌렛 직경이 10–20mm에서 1.0–6.4mm로 감소하여 총 10–20회 통과합니다.

윤활제: 흑연 또는 이황화 몰리브덴 윤활제를 사용하여 금형 마모 및 전극 표면 결함을 줄입니다.

인발된 전극의 직경 공차는 $\pm 0.05\text{mm}$ 로 제어되어야 하며 표면 거칠기는 $Ra < 0.8\mu\text{m}$ 여야 합니다. 현대 드로잉 기술은 서보 제어 시스템을 사용하여 당김 속도와 장력을 정밀하게 조정하여 가공 일관성을 향상시킵니다.

압출 기술 압출은 드로잉의 대안이며 대구경 전극($>6\text{mm}$) 생산에 적합합니다. 압출 장비는 고온 유압 압출기이며 빌렛은 1200–1500°C에서 다이에 의해 압출 및 성형됩니다. 압출 공정의 장점은 가공 패스가 적지만 금형의 고온 저항이 더 높다는 것입니다. 압출된 전극은 내부 응력을 제거하기 위해 열처리가 필요합니다.

절단 기술 절단은 긴 전극 막대를 드로잉하거나 표준 길이(예: 150mm, 175mm)로 압출한 후 절단하는 데 사용됩니다. 일반적으로 사용되는 장비에는 와이어 절단기 또는 레이저 절단기가 포함되며 절단 정확도는 $\pm 1\text{mm}$ 로 제어해야 합니다. 전극이 과열되는 것을 방지하기 위해 절단 과정에서 냉각수(예: 물이나 기름)를 사용하십시오.

연삭 기술 연삭은 전극 표면의 마감 및 팁 형상을 개선하는 데 사용됩니다. 일반적인 장비에는 알루미나 또는 다이아몬드 현탁액의 연삭 매체가 있는 CNC 연삭기가 포함됩니다. 팁 연삭 각도(30° – 60°)는 용접 요구 사항에 따라 최적화되며 AC 용접은 일반적으로 아크 안정성을 향상시키기 위해 둔각(45° – 60°)입니다. 연마된 전극의 표면 거칠기는 $Ra < 0.4\mu\text{m}$ 였습니다.

기술 발전 정밀 가공 기술의 최근 발전은 다음과 같습니다.

레이저 가공: 레이저 절단 및 연마 기술을 사용하여 나노 규모의 표면 마감과 고정밀 치수 제어를 달성합니다.

CNC 가공: 5축 CNC 기계를 사용하여 특수 용접 요구 사항에 맞는 복잡한 전극 모양을 가공합니다.

표면 개질: 이온빔 연마 또는 플라즈마 처리를 통해 표면 저항을 향상시킵니다.

정밀 가공 기술의 발전으로 지르코늄 텅스텐 전극의 치수 정확도와 성능 안정성이 크게 향상되어 항공우주 및 원자력 산업과 같은 수요가 많은 분야의 응용 요구 사항을 충족했습니다.

6.4 지르코늄 텅스텐 전극의 자동화 및 지능형 생산 기술

자동화 및 지능형 생산 기술은 지르코늄 텅스텐 전극 제조의 미래 방향으로, 자동화 장비, 산업용 사물 인터넷 및 인공 지능 기술의 도입을 통해 생산 효율성, 품질 일관성 및 공정 제어성을 향상시킵니다.

자동화된 생산 자동화 기술은 다음을 포함하여 지르코늄 텅스텐 전극 생산의 모든 측면을 다룹니다.

원자재 취급: 로봇 배치 시스템과 같은 자동화된 계량 및 혼합 장비는 정확한 원료 비율을 보장하여 인적 오류를 줄입니다.

압착 및 성형: 자동 냉간 등방성 프레스는 PLC(Programmable Logic Controller)를 통해 압력과 유지 시간을 제어하여 빌렛 일관성을 향상시킵니다.

소결: 자동 소결로에는 온도 및 대기 센서가 장착되어 있어 공정 파라미터를 실시간으로 조정할 수 있습니다.

가공 및 검사: 자동 드로잉 머신과 CNC 절단기는 고정밀 가공을 달성하고 온라인 검사 장비(예: 레이저 거리 측정기, X 선 검출기)는 전극 품질을 실시간으로 모니터링합니다.

자동화된 생산 라인의 일반적인 구성에는 SCADA(Data Acquisition and Monitoring System) 및 MES(Manufacturing Execution System)가 포함되어 있어 데이터 통합을 통해 전체 프로세스 모니터링 및 최적화가 가능합니다.

지능형 생산

지능형 생산은 인공 지능과 빅 데이터 분석을 통해 생산 효율성과 품질을 더욱 향상시킵니다.

프로세스 최적화: 기계 학습 알고리즘은 과거 생산 데이터를 분석하여 최적의 혼합, 소결 및 처리 매개변수를 예측하는 데 사용됩니다. 예를 들어, 소결 온도는 신경망 모델을 통해 최적화되어 에너지 소비를 10%-15% 줄입니다.

품질 예측: AI 기반 이미지 인식 기술은 SEM 이미지를 분석하여 전극 미세 구조의 균일성과 결함률을 예측합니다.

오류 진단: IoT 센서를 통해 장치 상태를 모니터링하고, 잠재적인 오류를 예측하고, 예방적 유지 관리를 구현하여 가동 중지 시간을 줄입니다.

공급망 관리: 지능형 시스템은 ERP(Enterprise Resource Planning)를 통해 원자재 조달, 생산 계획, 재고 관리를 통합하여 생산 효율성을 향상시킵니다.

자동화 및 지능형 생산 기술의 적용으로 생산 비용이 크게 절감되고 지르코늄 텅스텐 전극의 성능 일관성 및 시장 경쟁력이 향상되었습니다.

6.5 지르코늄 텅스텐 전극의 녹색 생산 및 환경 보호 기술

녹색 생산 및 환경 보호 기술은 에너지 소비, 폐기물 배출 및 환경 오염을 줄이고 지속 가능한 개발 요구 사항을 충족하는 것을 목표로 하는 지르코늄 텅스텐 전극 제조의 중요한 개발 방향입니다.

에너지 최적화

효율적인 소결: 마이크로파 소결 또는 플라즈마 소결 기술을 사용하여 소결 시간(2-4 시간)을 단축하고 에너지 소비를 20%-30% 줄입니다.

폐열 회수: 소결로 및 열처리로의 폐열을 활용하여 건조 또는 예열과 같은 다른

저작권 및 법적 책임 선언문

공정에 에너지를 공급하여 에너지 활용도를 향상시킵니다.

재생 가능 에너지: 일부 생산 회사는 태양광이나 풍력 에너지를 사용하여 전력을 공급하고 탄소 배출을 줄입니다.

스크랩 재활용

텅스텐 분말 재활용: 생산 중인 텅스텐 폐기물은 화학적 정제 및 환원 공정을 통해 회수되며 회수율은 90% 이상입니다.

지르코니아 재사용: 연삭 및 절단 공정 중에 생성된 지르코니아 먼지는 다음 생산 배치를 위해 수집되어 재정제됩니다.

폐수 처리: 습식 도핑 및 세척 과정에서 발생하는 폐수를 여과 및 화학적으로 처리하여 중금속을 제거하여 배출 기준을 충족합니다.

환경 친화적인 공정

저공해 도핑: 무용제 습식 도핑 또는 화학적 공침 방법을 사용하여 유기 용매 사용을 줄입니다.

먼지 없는 생산: 분진 배출량($< 10\text{mg/m}^3$)은 혼합 및 분쇄 공정에서 밀폐된 장비와 효율적인 먼지 제거 시스템을 사용하여 제어됩니다.

친환경 포장: 플라스틱 오염을 줄이기 위해 재활용 가능한 재료(예: 종이 또는 분해성 플라스틱)를 사용하여 전극을 포장합니다.

규정 준수 지르코늄 텅스텐 전극의 생산은 EU REACH 규정 및 중국 환경 보호법과 같은 국제 및 국내 환경 규정을 준수해야 합니다. 제조업체는 배기 가스, 폐수 및 고형 폐기물 처리가 표준을 충족하는지 확인하기 위해 정기적인 환경 영향 평가를 수행해야 합니다.

녹색 생산 기술의 적용은 환경에 미치는 영향을 줄일 뿐만 아니라 기업의 사회적 책임과 시장 경쟁력을 향상시킵니다. 예를 들어, 친환경 제조로 만든 지르코늄 텅스텐 전극은 유럽과 미국 시장에서 더 인기가 있어 친환경 제품에 대한 고객의 요구를 충족시킵니다.

6.6 생산의 일반적인 문제 및 해결 방법

지르코늄 텅스텐 전극의 생산 공정에서는 고르지 않은 도핑, 소결 결함, 가공 균열 및 불안정한 성능을 포함한 다양한 문제에 직면할 수 있습니다. 다음 분석일반적인 문제 및 해결 방법:

문제 1: 고르지 않은 도핑

현상: 지르코니아 입자가 텅스텐 매트릭스에 고르지 않게 분포되어 전극 성능이 일관되지 않거나 아크 드리프트 또는 점화 어려움이 발생합니다.

원인: 혼합 시간 부족, 입자 크기 차이 크기 또는 장비 성능 부족.

용액:

혼합 시간 연장(4-6 시간) 및 혼합 속도 증가(500-1000rpm).

나노 스케일 지르코니아($< 100\text{nm}$) 또는 습식 도핑을 사용하여 균일성을 개선합니다.

도핑 효과는 온라인 입자 크기 분석기와 SEM 으로 감지되었고 공정 매개변수가

저작권 및 법적 책임 선언문

조정되었습니다.

문제 2: 소결 결함(예: 기공 또는 균열)

현상: 소결된 빌렛 내부에 기공이나 균열이 나타나 전극 밀도와 기계적 강도가 감소합니다.

원인: 소결 온도가 너무 높거나 낮거나, 가열 속도가 너무 빠르거나, 대기가 제대로 제어되지 않습니다.

용액:

소결 곡선을 최적화하여 가열 속도(5-10°C/min)와 유지 시간(1-2 시간)을 제어합니다.

진공(<10⁻³ Pa) 또는 수소 순도(>99.999%) 증가.

X-레이 또는 초음파를 사용하여 빌렛 결함을 감지하고 부적합 제품을 제거합니다.

문제 3: 균열 처리

현상: 인발이나 절단 중에 전극 표면이나 내부에 미세 균열이 나타나 성능과 수명에 영향을 미칩니다.

원인: 인발 속도가 너무 빠르고, 금형 마모 또는 내부 응력이 제거되지 않습니다.

용액:

당강 속도(0.1-0.5m/min)를 줄이고 금형을 정기적으로 교체하십시오.

내부 응력을 제거하기 위해 열처리 및 어닐링 단계가 추가됩니다(어닐링 온도 1200-1400°C).

기계적 절단 대신 레이저 절단을 사용하여 응력 집중을 줄입니다.

문제 4: 불안정한 성능

현상: 용접 시 전극의 아크가 불안정하거나 수명이 단축됩니다.

이유: 원료의 과도한 불순물, 고르지 않은 미세 구조 또는 열악한 표면 품질.

용액:

원료 검출을 강화하고 ICP-MS 를 사용하여 불순물 함량(<0.005%)을 제어합니다.

도핑 및 소결 공정을 최적화하여 균일한 지르코니아 분포와 입자 크기 제어(10-20μm)를 보장합니다.

표면 연마 정확도(Ra<0.4μm)가 향상되고 오염 물질 접착이 감소했습니다.

질문 5: 환경 보호 문제

현상: 생산 과정에서 배기가스, 폐수 또는 먼지가 과도하게 배출되어 규정 준수에 영향을 미칩니다.

원인: 비효율적인 먼지 제거 장비, 부적절한 폐수 처리 또는 높은 에너지 소비.

용액:

고효율 집진 시스템(예: HEPA 필터)을 설치하여 먼지 배출을 10mg/m³< 제어합니다.

폐쇄 사이클 폐수 처리 시스템은 중금속 및 화학 물질을 회수하는 데 사용됩니다.

마이크로파 소결 또는 재생 에너지를 사용하여 에너지 소비를 줄입니다.

체계적인 공정 최적화 및 품질 관리를 통해 위의 문제를 효과적으로 해결할 수 있으며 지르코늄 텅스텐 전극의 고성능 및 생산 효율성을 보장할 수 있습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문



7 장 지르코늄 텅스텐 전극의 용도

지르코늄 텅스텐 전극은 우수한 아크 안정성, 점화 성능, 소손 저항 및 오염 저항성으로 인해 현대 산업에서 광범위한 응용 분야를 가지고 있습니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 주로 텅스텐 불활성 가스 차폐 용접(TIG 용접), 플라스마 절단, 플라스마 스프레이 및 기타 공정, 특히 알루미늄, 마그네슘 및 그 합금과 같은 경금속 가공에 적합한 교류(AC) 용접에 사용됩니다. 또한 항공우주, 원자력 산업, 의료 장비 제조 및 특수 환경과 같은 고정밀 분야에서의 적용도 증가하고 있습니다. 이 장에서는 지르코늄 텅스텐 전극의 다양한 용도를 자세히 살펴보고, 다양한 프로세스 및 산업에서의 특정 성능을 분석하고, 현대 산업에서 그 중요성을 종합적으로 입증하기 위해 대안 및 경쟁 환경에 대한 심층 분석을 제공합니다.

7.1 TIG 용접에 지르코늄 텅스텐 전극의 적용

텅스텐 불활성 가스 용접 (TIG 용접)은 지르코늄 텅스텐 전극의 가장 중요한 응용 분야입니다. TIG 용접은 높은 정밀도, 스패터 없음 및 우수한 용접 품질로 인해 항공우주, 자동차 제조, 조선 산업 및 정밀 기기 제조와 같이 고품질 용접이 필요한 산업 시나리오에서 널리 사용됩니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 AC 용접에서 우수한 성능으로 인해 알루미늄, 마그네슘 합금 및 스테인리스강과 같은 용접 재료에 특히 적합하여 TIG 용접에서 선호되는 전극 중 하나입니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

7.1.1 알루미늄 및 알루미늄 합금 용접

알루미늄 및 알루미늄 합금은 경량, 고강도/중량 비율, 우수한 열전도율 및 내식성으로 인해 항공우주, 자동차 제조, 조선 산업 및 건설 산업에서 널리 사용됩니다. 그러나 알루미늄 용접은 주로 표면에 알루미늄(Al_2O_3) 피막이 형성되기 때문에 심각한 기술적 과제를 안고 있습니다. 알루미늄의 녹는점은 2050°C 로 알루미늄(약 660°C)보다 훨씬 높으며 화학적 안정성이 높아 아크 불안정성, 용접 다공성 또는 비융합과 같은 결함을 쉽게 초래할 수 있습니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 알루미늄 및 알루미늄 합금의 AC TIG 용접에서 우수한 성능을 나타내며 그 장점은 다음과 같은 측면에 반영됩니다.

아크 안정성: 지르코늄 텅스텐 전극은 지르코니아(ZrO_2)가 도핑된 전자 탈출 작업(약 $2.7\text{--}3.0\text{eV}$, 순수 텅스텐의 4.5eV 보다 현저히 낮음)을 줄여 AC 양극 및 음극 반주기 스위칭 중에 아크가 안정적으로 유지되도록 합니다. AC 용접의 양의 반주(전극은 양극)는 알루미늄 표면에서 산화막을 효과적으로 제거하는 "세척 효과"가 있는 반면 지르코늄 텅스텐 전극의 아크 농도는 용접 품질을 보장합니다. WZ8 전극($0.7\text{--}0.9\%$ ZrO_2 포함)은 고전류($150\text{--}400\text{A}$)에서 원추형 아크를 형성할 수 있으며 이는 두꺼운 알루미늄 합금(예: 5xxx, 6xxx 시리즈, 두께 $> 5\text{mm}$)을 용접하는 데 적합합니다. $0.15\text{--}0.4\%$ ZrO_2 의 WZ3 전극은 시트 용접($< 3\text{mm}$ 두께)을 위한 저전류에서 중전류($50\text{--}150\text{A}$)에 더 적합합니다.

점화 성능: 지르코늄 텅스텐 전극의 낮은 전자 탈출 전력으로 인해 고주파 AC 아크에서 빠르게 점화할 수 있으며 점화 전압은 일반적으로 50V 미만이므로 점화 실패 가능성이 크게 줄어듭니다. 이는 생산성을 높이고 장비 손실을 줄이는 자동화된 TIG 용접에 특히 중요합니다. 예를 들어, 알루미늄 합금 시트를 용접할 때 WZ3 전극의 급속 점화는 다중 점화로 인한 국부적 과열을 방지합니다.

연소 저항 능력: 지르코늄 텅스텐 전극의 높은 용점(약 3422°C , 순수 텅스텐에 가까움)과 지르코니아의 분산상 보호로 인해 고온 아크(6000°C 이상)에서 팁 모양을 유지하고 소진을 줄일 수 있습니다. WZ8 전극의 수명은 고전류에서 장기간 용접하는 동안 순수 텅스텐 전극의 2-3 배에 도달할 수 있어 전극 교체 빈도와 생산 비용을 크게 줄일 수 있습니다.

오염 방지 능력: 알루미늄 합금 용접에서 산화알루미늄 및 기타 휘발성 불순물이 전극 팁에 부착되기 쉬워 아크 불안정성이 발생합니다. 지르코늄 텅스텐 전극의 화학적 안정성은 표면이 산화물과 반응하는 경향을 줄여 아크를 깨끗하게 유지하고 용접 결함을 줄입니다. WZ8 전극은 습도가 높거나 복잡한 환경에서도 안정적인 성능을 유지할 수 있습니다.

적용 사례:

자동차 산업: 알루미늄 합금(예: 5083, 6061)은 차체 프레임 및 배터리 하우징을 포함하여 신에너지 자동차 및 경량 차량 제조에 널리 사용됩니다. 지르코늄 텅스텐 전극(WZ8)은 TIG 용접에서 고강도, 결함 없는 용접을 보장합니다. 예를 들어, Tesla Model Y의 알루미늄 합금 차체 용접은 WZ8 전극을 사용하여 생산 효율성과 용접

저작권 및 법적 책임 선언문

품질을 크게 향상시킵니다.

해양 산업: 알루미늄 합금 선체(예: 5083-H116)는 해수 부식에 강해야 하며 TIG 용접은 구조적 강도를 보장하기 위해 고품질 용접이 필요합니다. 지르코늄 텅스텐 전극의 오염 방지 능력은 습도가 높고 염분이 많은 환경에서 우수하며 호화 요트 및 군함 제조에 널리 사용됩니다.

항공우주: 알루미늄 합금(예: 7075, 2024)은 항공기 동체 및 날개 구조에 사용되며 매우 높은 용접 강도와 표면 품질이 요구됩니다. 지르코늄 텅스텐 전극(WZ8)은 보잉 787 및 에어버스 A350의 알루미늄 합금 부품 용접에 널리 사용되며 아크 안정성과 소손 저항성은 항공우주 분야의 까다로운 요구 사항을 충족합니다.

건축 및 장식: 알루미늄 합금 커튼월 및 구조 부품(예: 6063 합금)은 현대 건축에 널리 사용되며 지르코늄 텅스텐 전극(WZ3)은 박판 용접에 사용되어 심미적으로 만족스럽고 스패터 없는 용접을 보장합니다.

프로세스 매개변수:

전류 유형: 교류(AC), 구형파 AC는 아크 안정성을 더욱 최적화할 수 있습니다.

전류 범위: 50–150A(WZ3, 시트) 또는 150–400A(WZ8, 플레이트).

전극 직경: 1.6–2.4mm(얇은 판) 또는 2.4–3.2mm(후판).

팁 각도: 아크 농도를 최적화하기 위해 45°–60°.

차폐 가스: 고순도 아르곤(>99.99%) 또는 아르곤-헬륨 혼합물(70% 아르곤 + 30% 헬륨), 유량 10–20 L/min.

용접 속도: 0.1–0.5m/min, 재료 두께 및 장비 조정에 따라 다름.

알루미늄 및 알루미늄 합금 용접은 지르코늄 텅스텐 전극의 핵심 응용 분야이며 우수한 성능으로 용접 품질과 생산 효율성이 크게 향상됩니다.

7.1.2 스테인리스강 및 마그네슘 합금 용접

스테인리스강과 마그네슘 합금은 TIG 용접에 일반적인 재료이며 의료 기기, 화학, 항공 우주 및 자동차 산업에서 널리 사용됩니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 이러한 재료의 AC 및 직류(DC) 용접, 특히 AC 용접에서 우수한 적응성을 나타냅니다.

스테인레스 스틸 용접 스테인레스 스틸(예: 304, 316L, 430)은 우수한 내식성과 기계적 특성으로 인해 식품 가공 장비, 의료 기기, 화학 파이프라인 및 건물 구조물에 널리 사용됩니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 스테인리스강의 TIG 용접, 특히 AC 용접에서 다음과 같은 이점을 제공합니다.

아크 안정성: 지르코늄 텅스텐 전극은 AC 용접에서 안정적인 아크를 제공하여 용접의 다공성, 균열 및 산화물 개재물을 줄입니다. AC 포지티브 반 둘레의 세척 작용은 스테인리스 스틸 표면에서 산화크롬(Cr_2O_3) 및 기타 불순물을 효과적으로 제거하여 용접부를 깨끗하게 유지할 수 있습니다. WZ3 전극은 얇은 스테인리스 강판(예: 두께 < 2mm)의 정밀 용접을 위한 저전류에서 중전류(50–150A)에 적합합니다. WZ8 전극은 후판 용접을 위한 고전류(150–300A)에 적합합니다.

점화 성능: 지르코늄 텅스텐 전극의 낮은 점화 전압과 빠른 점화 특성은 특히 고주파

저작권 및 법적 책임 선언문

AC 용접에서 용접 중 아크 중단을 줄입니다. 이는 스테인레스 스틸 파이프 생산과 같은 자동화된 용접 라인에 매우 중요합니다.

오염 방지 능력: 스테인리스강 용접에서 산화크롬 또는 기타 휘발성 불순물이 생성될 수 있으며 지르코늄 텅스텐 전극의 화학적 안정성은 표면이 오염에 덜 취약하고 아크 안정성을 유지합니다. WZ8 전극은 습도가 높거나 기름진 환경과 같은 복잡한 환경에서도 성능을 유지합니다.

연소 저항 능력: 지르코늄 텅스텐 전극은 AC 용접에서 양의 절반 둘레의 고온 충격을 견딜 수 있어 팁 소손을 줄이고 서비스 수명을 연장합니다. 예를 들어, WZ8 전극은 연속 용접에서 순수 텅스텐 전극보다 두 배 이상 오래 지속될 수 있습니다.

적용 사례:

의료 기기: 316L 스테인리스강은 수술 기구 및 임플란트 제조에 사용되며 부드러운 용접과 스파터 없음이 필요합니다. 지르코늄 텅스텐 전극(WZ3)은 TIG 용접에서 높은 정밀도와 품질의 용접을 보장하여 의료 산업의 엄격한 위생 기준을 충족합니다.

화학 산업: 304 스테인레스 스틸 파이프는 부식성 액체를 운반하는 데 사용되며 지르코늄 텅스텐 전극(WZ8)은 두꺼운 벽 파이프 용접에서 안정적인 아크 및 방오 특성을 제공하여 용접 내식성을 보장합니다.

식품 가공: 스테인레스 스틸 용기(예: 저장 탱크 및 교반기)는 식품 안전 표준을 충족해야 하며 지르코늄 텅스텐 전극의 오염 방지 능력은 용접 오염을 방지하고 생산 효율성을 향상시킵니다.

마그네슘 합금 용접: 마그네슘 합금(예: AZ31, AZ91, WE43)은 매우 낮은 밀도(약 1.74g/cm^3)와 높은 강도/중량 비율로 인해 항공우주, 자동차 및 전자 산업에서 점점 더 많이 사용되고 있습니다. 그러나 마그네슘 합금은 녹는점이 낮고(약 650°C), 화학적 활성이 높으며 산화마그네슘(MgO , 녹는점 약 2852°C) 필름이 형성되기 쉽기 때문에 용접이 어렵습니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 마그네슘 합금의 AC TIG 용접에 탁월합니다.

아크 제어: 지르코늄 텅스텐 전극의 집중 아크를 사용하면 열 입력을 정밀하게 제어할 수 있어 마그네슘 합금의 과열 또는 번스루를 방지할 수 있습니다. WZ3 전극은 얇은 마그네슘 합금 시트(두께 $<3\text{mm}$)에 적합하고 WZ8 전극은 두꺼운 판(두께 $>5\text{mm}$) 또는 고전류($150\text{--}250\text{A}$) 용접에 적합합니다.

내산화성: 지르코늄 텅스텐 전극은 산화마그네슘 오염에 저항하고 마그네슘 합금 용접에서 아크 안정성을 유지합니다. 표면 마감($Ra < 0.4\mu\text{m}$)은 오염 물질 부착을 더욱 줄입니다.

점화 성능: 지르코늄 텅스텐 전극은 고주파 AC 아크에서 빠르게 점화되어 점화 어려움으로 인한 용접 결함을 줄이며 특히 자동 용접에 적합합니다.

소진 저항: 지르코늄 텅스텐 전극의 높은 소손 저항은 AC 용접에서 마그네슘 합금 용접의 고온 환경을 견딜 수 있어 전극 수명을 연장합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD

Zirconium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Zirconium Tungsten Electrode

Zirconium tungsten electrode is a non-radioactive welding electrode made by doping a small amount of zirconium oxide (ZrO_2) into a high-purity tungsten base. It is specifically optimized for AC TIG (Tungsten Inert Gas) welding. Its excellent arc stability and outstanding resistance to contamination make it the preferred choice for welding aluminum, magnesium, and their alloys.

2. Types of Zirconium Tungsten Electrode

Grade	Tip Color	ZrO ₂ Content (wt.%)	Characteristics & Applications
WZ3	Brown	0.2–0.4	Ideal for low to medium intensity AC welding; cost-effective
WZ38	White	0.7–0.9	Industry-standard grade with excellent overall performance

3. Standard Sizes & Packaging of Zirconium Tungsten Electrode

Diameter (mm)	Length (mm)	Regular Coloring	Packing:
1.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10 pcs/box
1.6	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.4	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
3.2	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
4.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
Remark	The sizes can be customized		

4. Applications of Zirconium Tungsten Electrode

- Welding of aluminum and aluminum alloys: such as doors, windows, frames, and automotive body structures
- Welding of magnesium and magnesium alloys: widely used in aerospace lightweight components
- AC welding of stainless steel (under specific low-current conditions)
- Precision welding in aerospace, rail transit, pressure vessels, etc.
- Used in automated welding systems and robotic torch assemblies

5. Procurement Information

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

적용 사례:

항공우주: 마그네슘 합금은 위성 구조 부품, 드론 프레임 및 헬리콥터 부품을 만드는 데 사용됩니다. 지르코늄 텅스텐 전극(WZ8)은 TIG 용접에서 고강도, 결함 없는 용접을 보장합니다. 예를 들어, SpaceX의 Starship 로켓의 일부 구조 부품은 마그네슘 합금으로 용접되며 지르코늄 텅스텐 전극이 일반적인 선택입니다.

자동차 산업: 마그네슘 휠과 서스펜션 부품은 경량 자동차 설계에 사용되며 지르코늄 텅스텐 전극(WZ3)은 시트 용접에서 고품질 용접을 제공합니다.

전자 산업: 마그네슘 합금 인클로저는 노트북과 휴대폰에 사용되며 지르코늄 텅스텐 전극은 정밀 용접에서 미적 강도와 구조적 강도를 보장합니다.

프로세스 매개변수:

전류 유형: 교류(AC) 또는 직류(DCEN, 재료 및 장비 요구 사항에 따라 다름).

전류 범위: 50-150A(WZ3, 스테인리스강/시트 마그네슘 합금) 또는 150-300A(WZ8, 후판).

전극 직경: 1.6-2.4mm(얇은 판) 또는 2.4-3.2mm(후판).

팁 각도: 30°-60°, 박판 용접은 예각(30°-45°)으로 편향되고, 후판은 둔각(45°-60°)으로 편향됩니다.

차폐 가스: 아르곤 또는 아르곤-헬륨 혼합물(70% 아르곤 + 30% 헬륨), 유량 12-20 L/min.

용접 속도: 0.1-0.4m/min, 재료 두께 및 공정 최적화에 따라 다름.

스테인리스강 및 마그네슘 합금 용접에서 지르코늄 텅스텐 전극의 우수한 특성으로 인해 고정밀 및 복잡한 재료의 용접에서 중요한 위치를 차지하고 다양한 산업 분야의 엄격한 요구 사항을 충족합니다.

7.2 플라즈마 절단 및 스프레이에 지르코늄 텅스텐 전극의 적용

플라즈마 절단 및 플라즈마 스프레이는 고온 플라즈마 아크의 생성 및 제어와 관련된 지르코늄 텅스텐 전극의 중요한 응용 분야입니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 소손에 대한 높은 저항성, 아크 안정성 및 오염에 대한 저항성으로 인해 이러한 고강도 공정에 이상적입니다.

플라즈마 절단

플라즈마 절단은 고온 플라즈마 아크(온도가 20,000°C 이상에 도달할 수 있음)를 사용하여 금속 재료를 녹이고 날려버리며 강철, 알루미늄 합금, 스테인리스강 및 구리 합금의 절단에 널리 사용되며 조선, 건설, 자동차 제조 및 중장비 산업에 적합합니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 플라즈마 절단에서 음극 역할을 하여 다음과 같은 성능 이점과 함께 안정적인 플라즈마 아크를 제공합니다.

아크 안정성: 지르코늄 텅스텐 전극(WZ8)은 고전류(100-500A)에서 안정적인 플라즈마 아크를 형성하여 아크 컬럼 드리프트를 줄이고 평평한 절단면(거칠기 Ra<25μm)을 보장합니다. 아크 농도는 두꺼운 판(두께 20-50mm) 또는 복잡한 형상을 절단하는 데 적합합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

연소 저항: 지르코늄 텅스텐 전극의 높은 용점과 지르코니아의 보호 효과로 인해 고온 플라즈마 환경에서 팁 모양을 유지하여 소손 손상을 줄일 수 있습니다. WZ8 전극은 순수 텅스텐 전극보다 최대 2-3 배 더 오래 지속되어 생산 비용을 절감할 수 있습니다.

오염 저항성: 플라즈마 절단 중에 금속 증기와 산화물이 전극 팁을 오염시킬 수 있습니다. 지르코늄 텅스텐 전극의 화학적 안정성은 표면이 오염 물질에 덜 노출되고 플라즈마 아크의 안정성을 유지합니다.

적용 사례:

조선 산업: 지르코늄 텅스텐 전극은 선체 강판(예: AH36, DH36, 두께 30-50mm)을 절단하는 데 사용되어 고정밀과 효율적인 생산을 보장합니다. 예를 들어, 현대중공업의 조선소에서는 플라즈마 절단에 WZ8 전극을 사용하여 절단 속도와 품질을 향상시킵니다.

자동차 제조: 합금 6061 과 같은 알루미늄 차체 부품의 플라즈마 절단에는 높은 정밀도가 필요하며, 지르코늄 텅스텐 전극(WZ3)은 저전류에서 중간 전류(100-200A)에서 안정적인 아크를 제공합니다.

건설 산업: 지르코늄 텅스텐 전극은 철골 구조물 빔 및 기둥 절단에 사용되어 매끄러운 절단 표면을 보장하고 후속 가공을 줄입니다.

프로세스 매개변수:

전류 유형: 직류(DCEN).

전류 범위: 100-500A, 재료 두께 및 장비 조정에 따라 다름.

전극 직경: 2.4-4.0mm.

차폐 가스: 아르곤, 질소 또는 아르곤-수소 혼합물(95% 아르곤 + 5% 수소), 유량 20-30 L/min.

노즐 설계: 지르코늄 텅스텐 전극은 플라즈마 아크 농도를 보장하기 위해 내열성이 높은 노즐(예: 지르코니아 세라믹)과 쌍을 이루어야 합니다.

플라즈마 스프레이

플라즈마 스프레이는 고온 플라즈마 아크(온도 10,000-20,000°C)를 통해 분말 재료(예: 지르코니아, 알루미늄)를 기관 표면에 녹여 분사하여 내마모성, 고온 또는 부식 방지 코팅을 형성하며, 이는 항공 엔진, 가스 터빈 및 의료용 임플란트 제조에 널리 사용됩니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 플라즈마 분무에서 음극 역할을 하여 다음과 같은 성능 이점과 함께 안정적인 플라즈마 아크를 제공합니다.

아크 안정성: WZ8 전극은 고전류(300-600A)에서 균일한 플라즈마 아크를 형성할 수 있어 일관된 코팅 두께(일반적으로 0.1-1mm)와 균일한 구조를 보장합니다.

소진 저항: 지르코늄 텅스텐 전극은 고온 플라즈마 환경에서 장시간 작동을 견딜 수 있어 팁 소손 및 전극 교체 빈도를 줄일 수 있습니다. 예를 들어, WZ8 전극은 연속 분사에서 100 시간 이상 지속될 수 있습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

오염 저항성: 플라즈마 스프레이 시 지르코니아 입자와 같은 분말 물질이 전극 팁에 부착될 수 있습니다. 지르코늄 텅스텐 전극의 표면 마감 및 화학적 안정성은 오염 효과를 줄이고 스프레이 품질을 유지합니다.

적용 사례:

항공우주: 지르코늄 텅스텐 전극은 터빈 블레이드 표면에 세라믹 코팅(예: 지르코니아)을 분사하여 고온 저항을 향상시키는 데 사용됩니다. 예를 들어, GE 항공 엔진의 터보 블레이드 스프레이는 WZ8 전극을 사용하여 코팅 균일성과 내구성을 보장합니다.

에너지 산업: 지르코늄 텅스텐 전극은 보일러 파이프나 가스 터빈 부품에 내마모성 코팅을 분사하여 장비 수명을 연장하는 데 사용됩니다.

의료 산업: 지르코늄 텅스텐 전극은 정형외과용 임플란트 표면에 생체 적합성 코팅(예: 하이드록시아파타이트)을 분사하여 내식성과 생체 적합성을 향상시키는 데 사용됩니다.

프로세스 매개변수:

전류 유형: 직류(DCEN).

전류 범위: 300–600A.

전극 직경: 3.2–4.8mm.

차폐 가스: 아르곤 또는 아르곤-헬륨 혼합물(70% 아르곤 + 30% 헬륨), 유량 30–50 L/min.

분말 재료: 입자 크기가 20-100 μ m 인 지르코니아, 알루미나 또는 금속 합금 분말.

플라즈마 절단 및 스프레이에서 지르코늄 텅스텐 전극의 우수한 성능은 고강도 및 고정밀 공정에 없어서는 안 될 재료가 되어 관련 산업의 기술 발전과 효율성 향상을 주도합니다.

7.3 지르코늄 텅스텐 전극의 기타 산업 응용

지르코늄 텅스텐 전극의 응용 분야는 TIG 용접 및 플라즈마 공정에 국한되지 않고 항공 우주, 원자력 산업 및 의료 기기 제조와 같은 첨단 기술 분야에서도 중요한 역할을 합니다. 이러한 분야는 매우 높은 성능 요구 사항을 가지고 있으며 지르코늄 텅스텐 전극은 높은 신뢰성, 소손 저항 및 오염 방지 기능으로 인해 널리 사용됩니다.

7.3.1 항공우주

항공우주 부문은 고강도, 경량 재료(예: 알루미늄 합금, 마그네슘 합금, 티타늄 합금) 및 복잡한 구조(예: 항공기 동체, 엔진 부품)를 포함하는 재료 및 용접 공정에 대한 매우 엄격한 요구 사항을 가지고 있습니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 항공 우주 부문의 TIG 용접 및 플라즈마 스프레이에 중요한 응용 분야를 가지고 있으며 다음과 같은 장점이 있습니다.

고정밀 용접: 항공우주 부품(예: 보잉 787의 알루미늄 합금 동체 및 에어버스 A350의 마그네슘 합금 구조 부품)에는 결함 없는 용접과 고강도가 필요합니다. 지르코늄 텅스텐 전극(WZ8)은 AC TIG 용접에서 안정적인 아크 및 오염 방지 기능을 제공하여

저작권 및 법적 책임 선언문

용접 품질을 보장합니다. 예를 들어, 보잉 737 의 날개 알루미늄 합금 스킨 용접에서 WZ8 전극은 고전류(200-300A)를 견딜 수 있고 아크 안정성을 유지할 수 있습니다.

플라즈마 스프레이: 항공 엔진 터빈 블레이드에는 고온 내성 세라믹 코팅(예: 지르코니아 또는 산화 이트륨)을 분사해야 하며, 지르코늄 텅스텐 전극은 플라즈마 스프레이 시 안정적인 플라즈마 아크를 제공하여 코팅 균일성과 접착력을 보장합니다. 예를 들어, Rolls-Royce Trent XWB 엔진의 블레이드 스프레이는 WZ8 전극을 널리 사용하고 있습니다.

경량 재료: 마그네슘 및 알루미늄 합금은 항공 우주 분야에서 점점 더 많이 사용되고 있으며 지르코늄 텅스텐 전극의 오염 방지 기능과 아크 제어 특성으로 인해 이러한 재료 용접에 탁월합니다. 예를 들어, SpaceX 의 Starship 로켓은 마그네슘 합금 구조 부품을 사용하고 지르코늄 텅스텐 전극은 TIG 용접에서 고품질 용접을 보장합니다.

적용 사례:

항공기 제조: 지르코늄 텅스텐 전극은 보잉 및 에어버스 항공기의 알루미늄 합금 동체 및 날개 용접에 사용되어 구조적 강도와 내식성을 보장합니다.

로켓 제조: 지르코늄 텅스텐 전극은 SpaceX 및 Blue Origin 의 로켓 부품 용접에 널리 사용되며 높은 신뢰성과 경량 요구 사항을 충족합니다.

위성 제조: 지르코늄 텅스텐 전극은 위성의 마그네슘 합금 프레임과 플라즈마 분무 안테나 반사경의 세라믹 코팅을 용접하는 데 사용됩니다.

7.3.2 원자력 산업

원자력 산업은 고온, 고방사선 및 부식성이 높은 환경을 포함하는 재료 및 용접 공정에 대한 요구가 매우 높습니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 원자로 부품의 용접 및 플라즈마 분사에 중요한 응용 분야를 가지고 있으며 그 장점은 다음과 같습니다.

내식성: 원자로 압력 용기 및 파이프라인은 종종 스테인리스강 또는 지르코늄 합금을 사용하며 지르코늄 텅스텐 전극은 부식성 환경에서 산화물 오염에 저항하고 TIG 용접에서 아크 안정성을 유지할 수 있습니다. 예를 들어, WZ8 전극은 316L 스테인리스강 압력 용기 용접 시 고품질 용접을 제공합니다.

높은 신뢰성: 원자력 산업은 용접에 결함과 균열이 필요하지 않으며 지르코늄 텅스텐 전극의 아크 안정성 및 소손 저항은 이러한 요구 사항을 충족합니다.

플라즈마 스프레이: 원자로의 차폐재와 고온 부품은 세라믹 코팅으로 코팅해야 하며, 지르코늄 텅스텐 전극은 플라즈마 스프레이에서 코팅 균일성과 내구성을 보장합니다.

적용 사례:

원자로 구성 요소: 지르코늄 텅스텐 전극은 원자로의 지르코늄 합금 연료봉 하우징과 스테인리스 스틸 냉각 파이프를 용접하는 데 사용되어 장기적인 신뢰성을 보장합니다.

차폐 재료: 지르코늄 텅스텐 전극은 플라즈마 스프레이에 사용되어 원자로용 세라믹 차폐 코팅을 만들어 고온 저항 및 방사선 저항성을 향상시킵니다.

핵폐기물 처리: 지르코늄 텅스텐 전극은 핵폐기물 저장 용기의 스테인리스 스틸 케이싱을 용접하는 데 사용되어 견고성과 내식성을 보장합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

7.3.3 의료기기 제조

의료 기기 제조는 고정밀, 오염 없는 및 생체 적합성을 포함하는 용접 공정에 대한 극도의 요구 사항을 제시합니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 의료 기기 제조의 TIG 용접 및 플라즈마 스프레이에 탁월하며 다음과 같은 장점이 있습니다.

고정밀 용접: 의료 기기(예: 수술 기구, 임플란트)는 종종 316L 스테인리스강 또는 티타늄 합금을 사용하며, 지르코늄 텅스텐 전극(WZ3)은 시트 용접에서 안정적인 아크 및 스파터 없는 용접을 제공하여 매끄러운 표면과 위생 표준을 보장합니다. 예를 들어, 심박 조율기의 티타늄 하우징은 WZ3 전극으로 용접됩니다.

오염 방지 능력: 의료 장비 용접은 용접부에 불순물과 산화물이 없어야 하며 지르코늄 텅스텐 전극의 오염 방지 능력은 오염 물질에 의한 용접부 오염을 방지하고 엄격한 의료 표준을 충족합니다.

플라즈마 스프레이: 지르코늄 텅스텐 전극은 정형외과용 임플란트용 생체 적합성 코팅(예: 하이드록시아파타이트)을 분사하는 데 사용되어 코팅의 균일성과 생체 적합성을 보장합니다. 예를 들어, 고관절 임플란트의 스프레이 공정은 WZ8 전극을 사용합니다.

적용 사례:

수술 기구: 지르코늄 텅스텐 전극은 스테인리스 스틸 메스와 집게를 용접하는 데 사용되어 매끄럽고 무독성 용접을 보장합니다.

임플란트: 지르코늄 텅스텐 전극은 티타늄 뼈 임플란트의 용접 및 플라즈마 스프레이에서 높은 정밀도와 신뢰성을 제공합니다.

진단 장비: 지르코늄 텅스텐 전극은 X 선 기계 및 CT 스캐너용 스테인리스 스틸 하우징 용접에 사용되어 구조적 강도와 내식성을 보장합니다.

7.4 특수 환경에서 지르코늄 텅스텐 전극의 적용

고습, 고온, 고방사선 또는 부식성 가스가 포함된 환경과 같은 특수 환경에서 지르코늄 텅스텐 전극을 적용하면 탁월한 적응성과 신뢰성이 입증됩니다. 이러한 환경에서는 전극의 오염 방지, 소손 및 화학적 안정성에 대한 요구가 더 높습니다.

습도가 높은 환경: 해양 공학 및 조선에서 용접 환경은 습도(>80%)와 염수 분무가 있을 수 있습니다. 지르코늄 텅스텐 전극의 오염에 대한 저항성과 화학적 안정성으로 인해 이러한 환경에서 아크 안정성을 유지할 수 있습니다. 예를 들어, WZ8 전극은 해양 플랫폼에서 알루미늄 합금 구조물의 TIG 용접에 탁월하여 해수 염수 분무로 인한 부식에 저항합니다.

고온 환경: 플라즈마 절단 및 스프레이의 고온 환경(>10,000°C)은 전극의 소손 저항성에 대한 요구가 매우 높습니다. 지르코늄 텅스텐 전극(WZ8)의 지르코니아 보호층은 팁 소손을 효과적으로 줄이고 서비스 수명을 연장할 수 있습니다. 예를 들어, 가스 터빈 블레이드 스프레이에서 WZ8 전극은 고온 플라즈마 아크에서 100 시간 이상 작동합니다.

높은 방사선 환경: 원자력 산업의 용접 및 스프레이 공정에는 높은 방사선 환경이 포함될 수 있으며 지르코늄 텅스텐 전극의 비방사능 및 높은 신뢰성으로 인해 이상적인 선택입니다. 예를 들어, WZ8 전극은 원자로 차폐 재료 분무 시 방사선

저작권 및 법적 책임 선언문

환경의 영향을 견딜 수 있습니다.

부식성 가스 환경: 화학 산업의 용접에는 염소 함유 또는 황화물 함유 환경이 포함될 수 있으며 지르코늄 텅스텐 전극의 화학적 안정성으로 인해 부식성 가스에 대한 내성이 있습니다. 예를 들어, WZ3 전극은 염소 파이프의 스테인리스강 용접에서 안정적인 아크 성능을 유지합니다.

프로세스 최적화:

보호 가스: 특수 환경에서는 전극 보호 강화를 위해 고순도 아르곤 또는 아르곤-헬륨 혼합물(유량 15-25L/min)을 사용하십시오.

전극 선택: WZ8 은 고전류, 고강도 환경에 선호되며, WZ3 는 저전류 또는 박판 용접에 선택됩니다.

팁 설계: 특수 환경에서는 둔각 팁(45°-60°)을 사용하여 아크 안정성을 향상시킬 수 있습니다.

특수 환경에서 지르코늄 텅스텐 전극의 우수한 성능은 극한 조건의 산업 응용 분야에서 대체할 수 없게 만듭니다.

7.5 지르코늄 텅스텐 전극의 대안 및 경쟁 분석

지르코늄 텅스텐 전극은 TIG 용접 및 플라즈마 공정에서 상당한 이점을 제공하지만 다른 유형의 텅스텐 전극 및 대체 재료도 특정 시나리오에서 경쟁합니다. 다음은 지르코늄 텅스텐 전극의 대안, 장단점, 시장 경쟁 상황에 대한 분석입니다.

대체 분석

순수 텅스텐 전극 (WP)

장점: 순수 텅스텐 전극은 도핑이 없고 방사성이 없으며 화학적 안정성이 높아 저전류 직류(DC) 용접에 적합합니다.

단점: 아크 안정성이 좋지 않고, 점화 성능이 약하고, 팁 소손이 심하고, AC 용접의 수명이 짧습니다. 순수 텅스텐 전극은 알루미늄 합금 용접에서 지르코늄 텅스텐 전극보다 훨씬 적은 성능을 발휘합니다.

적용 가능한 시나리오: 저전류 DC 용접(예: 소형 스테인리스강 부품), 고정밀 또는 AC 용접에는 적합하지 않습니다.

토륨 텅스텐 전극(WT20, 1.5%-2.0% ThO₂ 함유).

장점: 우수한 점화 성능, 우수한 아크 안정성, DC 용접에 적합하며 탄소강 및 스테인리스강 용접에 널리 사용됩니다.

단점: 산화토륨은 약간 방사성이며 건강과 환경에 잠재적인 위험을 초래합니다. AC 용접에서 아크 농도는 지르코늄 텅스텐 전극만큼 좋지 않습니다.

적용 가능한 시나리오: DC 용접 고장력강이지만 엄격한 환경 보호 요구 사항이 있는 지역에서는 점차적으로 교체됩니다.

세륨 텅스텐 전극 (WC20, 2.0 % CeO₂ 함유)

장점: 우수한 점화 성능, 비방사능, 저전류 DC 및 AC 용접에 적합, 저렴한 비용.

저작권 및 법적 책임 선언문

단점: 고전류 AC 용접에서 아크 안정성은 지르코늄 텅스텐 전극보다 약간 열등하고 수명이 짧습니다.

응용 분야: 비용에 민감한 응용 분야에 적합한 중소 규모의 용접 작업.

란탄 텅스텐 전극 (WL15, WL20, 1.0 % -2.0 % La₂O₃ 함유)

장점: 우수한 점화 성능, 긴 수명, DC 및 AC 용접에 적합, 강력한 종합 성능.

단점: 고전류 AC 용접에서 아크 농도는 지르코늄 텅스텐 전극보다 약간 열등하고 비용이 더 높습니다.

적용 가능한 시나리오: 일반 용접 작업, 특히 DC 용접에서 우수한 성능.

새로운 복합 전극

설명: 최근 몇 년 동안 과학 연구 기관에서는 다양한 전극의 장점을 결합하는 것을 목표로 다중 산화물(예: La₂O₃+CeO₂+ZrO₂)이 도핑된 복합 텅스텐 전극을 개발했습니다.

장점: 우수한 전반적인 성능, 특정 시나리오에서 지르코늄 텅스텐 전극을 능가할 수 있습니다.

단점: 생산 공정이 복잡하고 비용이 높으며 대규모 산업화가 아직 이루어지지 않았습니다.

적용 가능한 시나리오: 실험 응용 프로그램 또는 고급 맞춤형 용접.

경쟁 분석

시장 포지셔닝: 지르코늄 텅스텐 전극은 AC TIG 용접(특히 알루미늄 및 마그네슘 합금 용접) 및 플라즈마 공정에서 고유한 장점을 가지고 있으며 고정밀 용접 분야에서 높은 시장 점유율을 차지하고 있습니다. WZ8 전극은 항공우주 및 원자력 산업에서 사실상 대체할 수 없는 반면, WZ3 전극은 비용 효율성으로 인해 중소기업에서 널리 사용됩니다.

환경 보호 동향: 환경 규제(예: EU REACH 규정)가 강화됨에 따라 토륨 텅스텐 전극은 방사능 문제로 인해 점차 지르코늄 텅스텐 전극과 세륨 텅스텐 전극으로 대체되고 있습니다. 지르코늄 텅스텐 전극의 비방사능 및 오염 방지 능력은 유럽 및 미국 시장에서 더욱 경쟁력을 높입니다.

비용 및 성능 : 지르코늄 텅스텐 전극의 비용은 순수 텅스텐 전극 및 세륨 텅스텐 전극의 비용보다 높지만 란탄 텅스텐 전극 및 새로운 복합 전극의 비용보다 낮습니다. 성능/비용 비율은 고정밀 AC 용접에 유리하지만 저전류 DC 용접에서는 세륨 텅스텐 또는 란탄 텅스텐 전극으로 대체될 수 있습니다.

기술 발전: 지르코늄 텅스텐 전극의 경쟁 압력은 부분적으로 새로운 복합 전극과 나노 기술의 개발에 기인합니다. 예를 들어, 나노 규모의 지르코니아 도핑 지르코늄 텅스텐 전극이 개발 중이므로 성능이 더욱 향상될 수 있지만 비용은 여전히 최적화되어야 합니다.

지역적 차이: 북미와 유럽에서는 지르코늄 텅스텐 전극이 환경 친화성과 고성능으로 인해 지배적입니다. 중국 및 아시아의 다른 지역에서는 세륨-텅스텐 전극이 저렴한 비용으로 인해 일정한 시장 점유율을 차지하고 있지만 지르코늄 텅스텐 전극은 여전히 고급 응용 분야에서 지배적입니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

미래 동향

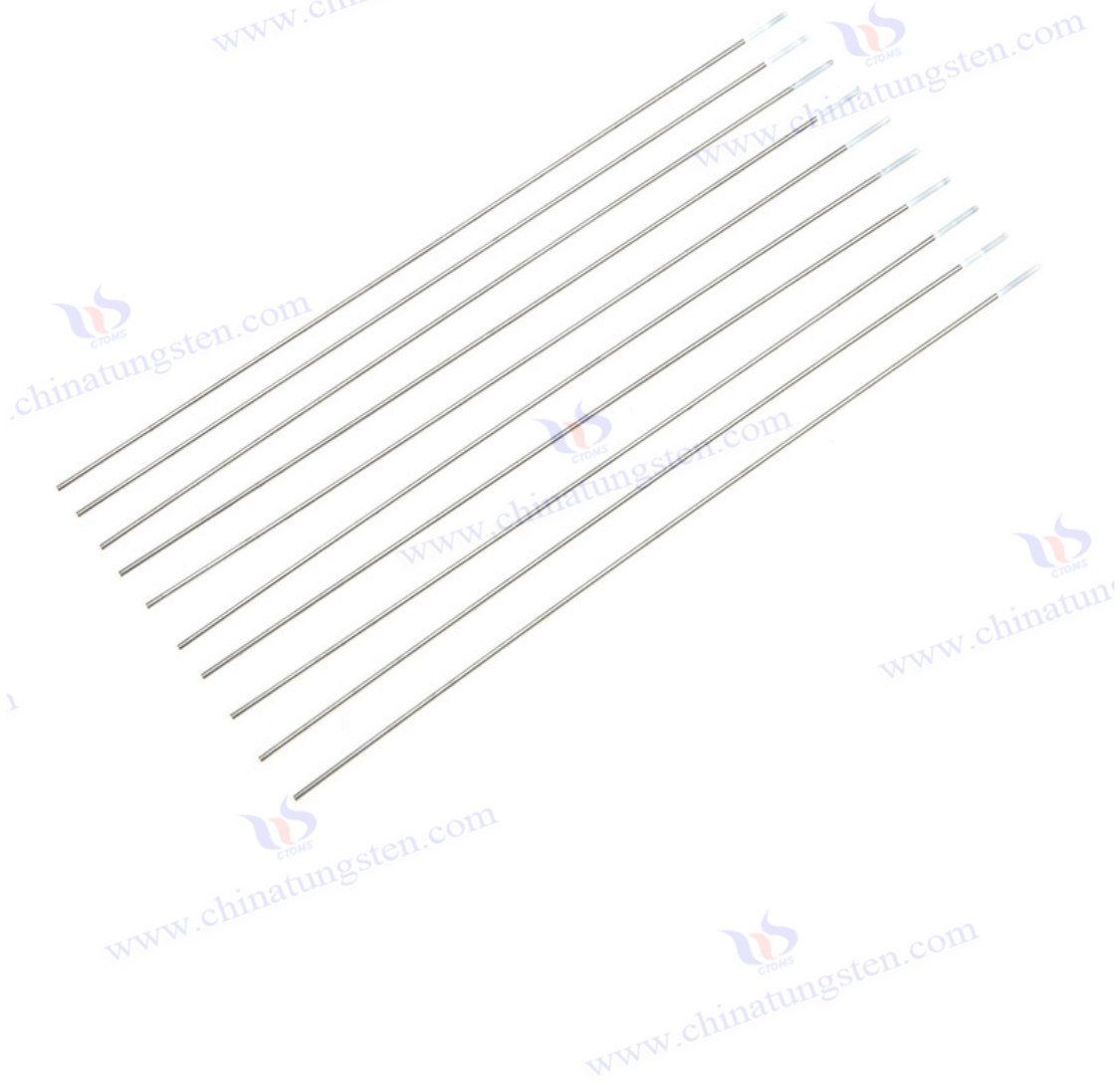
성능 최적화: 나노 도핑 및 복합 도핑 기술은 지르코늄 텅스텐 전극의 아크 안정성과 수명을 향상시켜 고전류 및 특수 환경에서 경쟁력을 향상시키는 데 사용됩니다.

녹색 제조: 지르코늄 텅스텐 전극 생산의 녹색 기술과 스크랩 재활용은 시장 매력을 더욱 높일 것입니다.

새로운 응용 분야: 새로운 에너지원(풍력 에너지, 태양광 장비) 및 3D 프린팅 기술의 개발로 이러한 분야에서 지르코늄 텅스텐 전극의 잠재적 적용은 시장 경쟁력을 높일 것입니다.

대안 과제: 새로운 복합 전극 및 비텅스텐 기반 전극(예: 탄소 기반 전극)의 개발은 지르코늄 텅스텐 전극에 대한 장기적인 경쟁을 형성할 수 있지만 지르코늄 텅스텐 전극은 단기적으로 고정밀 AC 용접을 위한 첫 번째 선택으로 남을 것입니다.

지르코늄 텅스텐 전극은 AC 용접 및 플라즈마 공정에서 고유한 장점으로 고정밀 산업 분야에서 중요한 위치를 차지하고 있습니다. 대안과의 경쟁에 직면해 있지만 성능, 환경 친화성 및 비용의 균형은 앞으로도 경쟁력을 유지할 것입니다.



저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD

Zirconium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Zirconium Tungsten Electrode

Zirconium tungsten electrode is a non-radioactive welding electrode made by doping a small amount of zirconium oxide (ZrO_2) into a high-purity tungsten base. It is specifically optimized for AC TIG (Tungsten Inert Gas) welding. Its excellent arc stability and outstanding resistance to contamination make it the preferred choice for welding aluminum, magnesium, and their alloys.

2. Types of Zirconium Tungsten Electrode

Grade	Tip Color	ZrO ₂ Content (wt.%)	Characteristics & Applications
WZ3	Brown	0.2–0.4	Ideal for low to medium intensity AC welding; cost-effective
WZ38	White	0.7–0.9	Industry-standard grade with excellent overall performance

3. Standard Sizes & Packaging of Zirconium Tungsten Electrode

Diameter (mm)	Length (mm)	Regular Coloring	Packing:
1.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10 pcs/box
1.6	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.4	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
3.2	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
4.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
Remark	The sizes can be customized		

4. Applications of Zirconium Tungsten Electrode

- Welding of aluminum and aluminum alloys: such as doors, windows, frames, and automotive body structures
- Welding of magnesium and magnesium alloys: widely used in aerospace lightweight components
- AC welding of stainless steel (under specific low-current conditions)
- Precision welding in aerospace, rail transit, pressure vessels, etc.
- Used in automated welding systems and robotic torch assemblies

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

8 장 지르코늄 텅스텐 전극 생산 설비

지르코늄 텅스텐 전극의 생산은 원료 가공에서 완제품 가공에 이르기까지 여러 측면을 포함하는 고정밀, 첨단 공정입니다. 생산 장비의 성능은 지르코늄 텅스텐 전극의 품질, 성능 일관성 및 생산 효율성에 직접적인 영향을 미칩니다. 이 장에서는 원료 가공 장비, 프레스 및 성형 장비, 소결 및 열처리 장비, 정밀 가공 장비, 품질 테스트 장비, 장비 유지 관리 및 최적화를 위한 기술 포인트를 포함하여 지르코늄 텅스텐 전극 생산에 사용되는 다양한 유형의 장비를 자세히 살펴봅니다. 각 유형의 장비의 설계, 기능 및 작동 요구 사항은 지르코늄 텅스텐 전극의 생산 요구 사항과 함께 분석되어 포괄적인 기술 참조를 제공합니다.

8.1 지르코늄 텅스텐 전극의 원료 가공 장비

원료 처리는 지르코늄 텅스텐 전극 생산의 첫 번째 단계로, 고순도 텅스텐 분말 및 지르코니아(ZrO_2) 분말의 분쇄, 혼합, 스크리닝 및 등급 지정을 포함합니다. 원료 가공 장비는 지르코늄 텅스텐 전극(예: WZ3 및 WZ8)의 엄격한 화학 성분 요구 사항을 충족하기 위해 균일한 입자 크기, 높은 도핑 균일성을 보장하고 불순물 오염을 방지해야 합니다.

8.1.1 분쇄 및 혼합 장비

연마 장비

분쇄 장비는 텅스텐 분말과 지르코니아 분말의 입자 크기를 미세화하여 형태와 입자 크기 분포를 최적화하여 후속 혼합 및 소결 결과를 개선하는 데 사용됩니다. 일반적인 연삭 장비에는 다음이 포함됩니다.

유성 볼 밀: 유성 볼 밀은 고속 회전 분쇄 탱크와 지르코니아 볼이나 텅스텐 볼과 같은 분쇄 볼을 통해 분말 정제를 가능하게 합니다. 장비 기능은 다음과 같습니다.

용량: 10–100 L, 중소 배치 생산에 적합합니다.

회전 속도: 200–600rpm, 연삭 강도를 제어하도록 조정 가능.

연마 매체: 지르코니아 볼(직경 2-10mm) 또는 텅스텐 볼로 오염을 줄입니다.

냉각 시스템: 분쇄 중 분말의 과열을 방지하기 위해 물 또는 공기 냉각 시스템을 갖추고 있습니다(온도 제어 $< 50^{\circ}C$).

응용 분야: 텅스텐 분말 입자 크기는 10-20 μm 에서 3-5 μm , 지르코니아는 1-2 μm 에서 0.1-0.5 μm 입니다.

기류 밀: 고속 기류(일반적으로 압축 공기 또는 질소)를 사용하여 분말 입자를 서로 충돌시켜 초미세 분쇄를 달성합니다. 장비 기능은 다음과 같습니다.

입자 크기 제어: 분말은 서브미크론 수준($< 1\mu m$)까지 정제할 수 있어 나노 규모의 지르코니아 제조에 적합합니다.

오염 없음: 연마 매체가 없어 불순물의 유입이 줄어듭니다.

효율성: 최대 1-10kg의 단일 처리량으로 대량 생산에 적합합니다.

진동 볼 밀: 분말 분쇄는 고주파 진동을 통해 이루어지며 소량 실험 생산에 적합합니다. 장비 특징으로는 낮은 에너지 소비와 작동 용이성이 있지만 분쇄 효율은

저작권 및 법적 책임 선언문

유성 불 밀보다 낮습니다.

분쇄 장비의 선택은 생산 규모 및 분말 입자 크기 요구 사항에 따라 결정되어야 합니다. 예를 들어, 고급 지르코늄 텅스텐 전극 생산(예: WZ8)은 나노 규모의 지르코니아 분쇄를 달성하기 위해 공기 흐름 밀을 사용하는 경향이 있는 반면, 중소 규모 생산에서는 유성 불 밀을 사용할 수 있습니다.

혼합 장비

혼합 장비는 도핑 균일성을 보장하기 위해 텅스텐 분말과 지르코니아 분말을 비율(예: WZ3 의 경우 0.3% ZrO_2 , WZ8 의 경우 0.8% ZrO_2)으로 혼합하는 데 사용됩니다. 일반적인 혼합 장비에는 다음이 포함됩니다.

V-믹서: 분말 혼합은 V 자형 용기를 회전시켜 이루어지며 건식 도핑에 적합합니다. 장비 기능은 다음과 같습니다.

용량: 50-500 L, 중대형 생산에 적합합니다.

혼합 시간: 2-4 시간, 혼합 균일성 > 99%.

대기 제어: 분말 산화를 방지하기 위해 불활성 가스(예: 아르곤) 보호 시스템을 갖추고 있습니다.

고속 믹서: 분말 혼합은 건식 및 습식 도핑에 적합한 고속 혼합 패들(500-1000rpm)을 통해 이루어집니다. 장비 기능은 다음과 같습니다.

효율적인 혼합: 높은 균일성으로 혼합 시간 1-2 시간.

액체 매체: 습식 혼합을 위해 탈이온수 또는 에탄올을 첨가할 수 있으며 분무 건조 장비가 필요합니다.

초음파 분산기 : 습식 도핑, 초음파 진동 (주파수 20-40kHz)에 의해 액체 매질에 텅스텐 분말 및 지르코니아를 분산시키는 데 사용됩니다. 장비 기능은 다음과 같습니다.

높은 균일성: 나노 규모의 지르코니아 혼합에 적합합니다.

소량 생산: 일반적으로 처리량 < 10kg 으로 고급 전극 생산에 적합합니다.

혼합 장비에는 지르코니아 비율이 목표 등급을 충족하는지 확인하기 위해 정밀한 계량 시스템(예: 정확도 $0.001g \pm$ 전자 저울)이 장착되어 있어야 합니다. 최신 혼합 장비는 종종 PLC(프로그래밍 가능 논리 컨트롤러) 시스템을 통합하여 혼합 매개변수를 실시간으로 모니터링합니다.

8.1.2 선별 및 등급 장비

스크리닝 및 등급 측정 장비는 분말의 입자 크기 분포를 제어하고, 크기가 크거나 작은 입자를 제거하고, 원료가 생산 요구 사항을 충족하는지 확인하는 데 사용됩니다. 일반적으로 사용되는 장비는 다음과 같습니다.

진동 스크린: 분말은 고주파 진동(1000-3000 회/분)에 의해 입자 크기에 따라 등급이 매겨집니다. 장비 기능은 다음과 같습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

체 크기: 10-50 μ m, 텅스텐 분말(3-5 μ m) 및 지르코니아(0.1-1 μ m)의 등급 매기기에 적합합니다.

처리량: 0.5-5kg/min, 대량 생산에 적합합니다.

차단 방지 설계: 스크린 구멍이 막히는 것을 방지하기 위해 초음파 그물 세척 장치가 장착되어 있습니다.

기류 분류기: 기류를 사용하여 입자 크기별로 분말을 분리하여 나노 규모 지르코니아와 같은 초미세 분말의 분류에 적합합니다. 장비 기능은 다음과 같습니다.

등급 정확도: 0.1-10 μ m 입자는 0.1 μ m $\pm$ 정확도로 분리할 수 있습니다.

오염 없음: 산화를 방지하기 위해 불활성 가스(예: 질소)를 등급 매체로 사용하십시오.

자동화: 생산 효율성을 향상시키기 위해 자동 수집 시스템을 갖추고 있습니다.

원심 분류기: 분말 등급은 원심력을 통해 이루어지며 소량 고정밀 생산에 적합합니다. 장비 기능에는 높은 정지 정확도가 포함되지만 처리량은 작습니다(<1kg/min).

스크리닝 및 등급 장비는 입자 크기 분포가 표준에 부합하는지 확인하기 위해 정기적으로 교정해야 합니다(예: 텅스텐 분말 D50의 경우 3-5 μ m, 지르코니아 D50의 경우 0.1-0.5 μ m). 최신 장비에는 레이저 입자 크기 분석기가 통합되어 등급 평가 효과를 실시간으로 모니터링하는 경우가 많습니다.

8.2 지르코늄 텅스텐 전극용 프레스 및 성형 장비

프레스 및 성형 장비는 혼합 분말을 블랭크로 압착하는 데 사용되며, 후속 소결 및 가공의 기초를 제공합니다. 장비의 성능은 빌렛의 밀도, 강도 및 일관성에 직접적인 영향을 미칩니다.

8.2.1 유압 프레스 및 등방성 프레스

유압유

프레스는 소량 생산 또는 대구경 빌렛에 적합한 단단한 다이를 통해 분말을 원통형 빌렛으로 압착합니다. 장비 기능은 다음과 같습니다.

압력 범위: 50-100 MPa, 빌렛 밀도 제어(50%-60% 이론 밀도)를 제어하도록 조정 가능.
금형 재질: 카바이드 또는 고장력강, 높은 내마모성.

생산성: 단일 압착 시간에 10-30 초, 직경 10-20mm의 빌렛에 적합합니다.

제어 시스템: 압력과 유지 시간을 정밀하게 제어하는 PLC 시스템을 갖추고 있습니다.

응용 분야: 비표준 크기 전극 또는 실험용 블랭크 생산에 적합합니다.

유압 프레스의 한계는 빌렛의 밀도 분포가 고르지 않을 수 있어 단순한 형상을 압착하는 데 적합하다는 것입니다.

냉간 등방성 프레스(CIP) 냉간 등방성 프레스는 물이나 기름과 같은 액체 매체를 통해 고르게 도포되어 지르코늄 텅스텐 전극 생산에 널리 사용되는 고밀도의 균일한 빌렛을 형성합니다. 장비 기능은 다음과 같습니다.

압력 범위: 100-200MPa, 빌렛 밀도는 최대 60%-70% 이론 밀도입니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

금형 설계: 균일한 압력 분포를 보장하는 유연한 금형(예: 고무 또는 폴리우레탄).
처리량: 여러 빌렛(직경 10-20 mm, 길이 100-300 mm)을 한 번에 압착할 수 있습니다.
자동화: 자동 로딩 및 언로딩 시스템을 갖추고 생산 효율성을 향상시킵니다.
응용 프로그램: 고정밀 지르코늄 텅스텐 전극 블랭크의 대량 생산에 적합합니다.

냉간 등방성 프레스의 장점은 빌렛의 밀도가 균일하여 소결 공정 중 다공성과 균열을 줄여준다는 것입니다. 최신 등방성 프레스는 압력 센서와 데이터 수집 시스템을 통합하여 프레스 효과를 실시간으로 모니터링하는 경우가 많습니다.

8.2.2 금형 설계 및 제조

금형은 프레스 및 성형 장비의 핵심 구성 요소이며 금형의 설계 및 제조는 빌렛의 품질에 직접적인 영향을 미칩니다. 금형 설계에서는 다음 요소를 고려해야 합니다.

재료 선택: 금형은 일반적으로 경도가 > 60 HRC 이고 내마모성이 강하고 내식성이 강한 초경(예: WC-Co) 또는 고장력강으로 만들어집니다.

치수 정확도: 금형 내경 공차 $\pm 0.01\text{mm}$ 로 일관된 빌렛 직경(10-20mm)을 보장합니다.

표면 마감: 금형의 내부 표면 거칠기는 $Ra < 0.2 \mu\text{m}$ 로 빌렛의 표면 결함을 줄입니다.

구조 설계: 금형에는 유지 보수를 용이하게 하기 위해 분해 및 청소 기능이 있어야 합니다. 냉간 등방성 금형은 균일한 압력 전달을 보장하기 위해 고무와 같은 유연한 재료를 사용합니다.

금형 제조는 CNC 가공(예: 5 축 CNC 기계)과 방전 가공(EDM)을 사용하여 높은 정밀도와 복잡한 형상의 구현을 보장합니다. 최신 금형 설계에는 프레스 중 응력 분포를 시뮬레이션하고 금형 구조를 최적화하기 위해 유한 요소 분석(FEA)도 도입되었습니다.

8.3 지르코늄 텅스텐 전극용 소결 및 열처리 장비

소결 및 열처리 장비는 프레스된 블랭크를 조밀한 전극 블랭크로 변환하고 내부 응력을 제거하고 미세 구조를 최적화하는 데 사용됩니다. 장치의 성능은 전극의 밀도, 입자 크기 및 성능 안정성에 직접적인 영향을 미칩니다.

8.3.1 고온 소결로

고온 소결로는 지르코늄 텅스텐 전극 생산의 핵심 장비로, 1800-2200°C 에서 빌렛을 소결하는 데 사용되어 텅스텐 입자가 결합하여 안정적인 지르코니아 분산상을 형성할 수 있습니다. 일반적으로 사용되는 소결로는 다음과 같습니다:

진공 소결로

특징: 텅스텐 산화를 방지하기 위해 $10^{-3} \text{ Pa} <$ 진공도; 온도 범위 1800-2200°C, 정확도 $\pm 5^\circ\text{C}$.

발열체: 폴리브덴 또는 흑연 가열체, 우수한 고온 저항.

소결 용량: 단일 용광로에서 10-100kg, 중대형 생산에 적합합니다.

제어 시스템: PLC 및 적외선 온도계를 장착하여 온도와 진공을 실시간으로 모니터링합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

응용 프로그램: 낮은 산소 함량(<0.005%)을 보장하기 위해 고순도 지르코늄 텅스텐 전극(예: WZ8)을 생산하는 데 적합합니다.

수소 소결로

특성: 고순도 수소(>99.999%)를 보호 분위기로 사용, 유속 10-50 L/min; 온도 범위 1800-2100°C.

환원 특성: 수소는 빌렛에서 산소와 휘발성 불순물을 효과적으로 제거합니다.

안전 설계: 안전한 작동을 보장하기 위해 수소 누출 감지 및 자동 배기 시스템을 갖추고 있습니다.

응용 프로그램: 대량 생산에 적합하며 진공 소결보다 비용이 저렴합니다.

전자레인지 소결 오븐

특징: 마이크로파 가열(주파수 2.45GHz)에 의한 빠르고 균일한 소결, 소결 시간은 2-4 시간, 에너지 절약은 30%-40%입니다.

장점: 입자 성장 감소, 미세 구조 최적화(입자 크기 10-20μm).

제한 사항: 높은 장비 비용으로 고급 전극 생산에 적합합니다.

소결로에는 소결 밀도가 95%-98%의 이론 밀도에 도달하고 다공성이 0.5%< 되도록 정밀한 온도 제어 시스템(오차 $\leq \pm 10^{\circ}\text{C}$)과 대기 제어 시스템을 장착해야 합니다.

8.3.2 진공 열처리로

진공 열처리로는 압착 및 소결 중 내부 응력을 제거하여 전극의 결정 구조와 기계적 특성을 최적화하는 데 사용됩니다.

장비 기능은 다음과 같습니다.

온도 범위: 1200-1600°C, 정확도 $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

진공 수준: 전극 산화를 방지하기 위해 $<10^{-2}\text{ Pa}$.

발열체: 몰리브덴 또는 텅스텐 와이어, 우수한 고온 저항.

냉각 시스템: 응력 집중을 피하기 위해 냉각 속도(20-50°C/h)를 제어하기 위해 수냉식 또는 공냉식 시스템이 장착되어 있습니다.

응용 프로그램: 연성과 파괴 저항성을 향상시키기 위해 소결 빌렛의 어닐링에 사용됩니다.

최신 열처리로는 컴퓨터 제어를 통해 정밀한 가열, 유지 및 냉각 프로파일을 달성하기 위해 다단계 온도 제어 프로그램을 통합하는 경우가 많습니다. 일부 고급 장비에는 빌렛의 응력 및 미세 구조 변화를 실시간으로 감지하는 온라인 모니터링 시스템도 장착되어 있습니다.

8.4 지르코늄 텅스텐 전극용 정밀 가공 장비

정밀 가공 장비는 소결된 블랭크를 드로잉, 절단 및 표면 연마를 포함한 사양을 충족하는 전극 막대로 가공하는 데 사용됩니다. 장비의 정확성과 안정성은 전극의 치수 공차와 표면 품질에 직접적인 영향을 미칩니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

8.4.1 인발기 및 절단기

당기는 기계

드로잉 기계는 일련의 다이를 통해 소결된 빌렛을 길쭉한 전극 막대(직경 1.0-6.4mm)로 늘립니다. 장비 기능은 다음과 같습니다.

당김 속도: 0.1-1m/min, 서보 모터 제어, 정확도 $\pm 0.01\text{m/min}$.

금형 재질: 카바이드 또는 다이아몬드, 경도 $> 60\text{ HRC}$, 강한 내마모성.

패스 설계: 10-20 회 패스, 매번 직경을 5%-10%씩 줄입니다.

윤활 시스템: 표면 굽힘을 줄이기 위해 흑연 또는 이황화 몰리브덴 윤활유 분사 장치가 장착되어 있습니다.

응용 프로그램: 빌렛 직경을 10-20mm 에서 1.0-6.4mm 로 줄이며 공차 $\pm 0.05\text{mm}$ 입니다.

최신 인발기는 CNC 시스템을 사용하여 당김 속도와 장력을 자동으로 조정하여 미세 균열과 표면 결함을 줄입니다.

절단기

절단기는 인발된 전극 막대를 표준 길이(예: 150mm, 175mm)로 절단하는 데 사용됩니다. 일반적으로 사용되는 장비는 다음과 같습니다.

와이어 EDM: $0.1\text{mm}\pm$ 정확도로 EDM 으로 절단하여 고정밀 요구 사항에 적합합니다.

레이저 절단기: 고속($0.5\text{-}2\text{m/min}$) 및 높은 표면 조도($Ra < 0.8\mu\text{m}$)를 위해 고출력 레이저(출력 1-5kW)를 사용합니다.

냉각 시스템: 전극이 과열되는 것을 방지하기 위해 물 또는 오일 냉각이 장착되어 있습니다.

응용 분야: TIG 용접 및 플라즈마 절단 요구 사항을 위해 전극 막대를 표준 길이로 절단합니다.

8.4.2 표면 연마 장비

표면 연마 장비는 전극 표면 ($Ra < 0.4\mu\text{m}$) 의 마무리를 개선하고 오염 물질 부착 및 아크 드리프트를 줄이는 데 사용됩니다. 일반적으로 사용되는 장비는 다음과 같습니다.

회전식 연마기: 표면 연마는 연마 휠($1000\text{-}3000\text{rpm}$)과 연마 매체(예: 알루미나 또는 다이아몬드 현탁액)를 회전시켜 이루어집니다. 장비 기능은 다음과 같습니다.

연마 정확도: 표면 거칠기 $Ra < 0.4\mu\text{m}$.

자동화: 시간당 100-500 스프레드의 처리량을 가진 자동 공급 시스템이 장착되어 있습니다.

응용 프로그램: 대용량 전극 연마에 적합합니다.

전기화학 연마기: 전기화학 반응을 통해 전극 표면의 미세한 결함을 제거하여 고정밀 전극에 적합합니다. 장비 기능은 다음과 같습니다.

연마액: 인산 또는 황산염 기반 전해질, 오염을 줄이기 위한 환경 친화적인 제형.

연마 시간: 10-30 초/개, 고효율.

저작권 및 법적 책임 선언문

표면 품질: $Ra < 0.2\mu m$, 정반사 효과에 가깝습니다.

레이저 연마기: 레이저 빔(전력 500–2000W)을 사용하여 전극 표면을 평평하게 하여 고급 전극 생산에 적합합니다. 장비 기능에는 높은 정확도($Ra < 0.1\mu m$) 및 비접촉식 처리가 포함됩니다.

연마 장비에는 연마 과정에서 텅스텐 분말과 지르코니아 먼지가 환경을 오염시키는 것을 방지하기 위해 집진 시스템이 장착되어 있어야 합니다.

8.5 지르코늄 텅스텐 전극의 품질 검사 장비

품질 검사 장비는 지르코늄 텅스텐 전극의 화학 성분, 미세 구조, 치수 정확도 및 표면 품질이 국제 표준(예: ISO 6848, AWS A5.12, GB/T 4187)을 충족하는지 확인하는 데 사용됩니다. 일반적으로 사용되는 장비는 다음과 같습니다.

화학성분분석기기

유도 결합 플라즈마 질량 분석법(ICP-MS): 텅스텐 분말 및 지르코니아의 불순물(예: Fe, Si, C $<0.005\%$)을 0.001%± 정확도로 검출합니다.

X 선 형광 분광법(XRF): 지르코니아 함량의 신속한 분석(예: WZ3의 경우 0.3%, WZ8의 경우 0.8%)으로 온라인 검출에 적합합니다.

미세구조 분석 장비

주사 전자 현미경(SEM): 전극의 입자 크기(10-20 μm)와 지르코니아 분포 균일성을 분석합니다.

X 선 회절계(XRD): 결정 구조와 상 구성을 감지하여 표유상이 없는지 확인합니다.

치수 검사 장비

레이저 거리 측정기: 전극 직경(공차 $\pm 0.05mm$) 및 길이(공차 $\pm 1mm$)를 측정합니다.

표면 거칠기 측정기: 전극 표면 거칠기($Ra < 0.4\mu m$)를 감지합니다.

결함 감지 장비

초음파 검출기: 빌렛 및 완성된 전극의 내부 균열과 기공을 0.1mm± 정확도로 감지합니다.

X 선 검사 장비: 내부 결함을 비파괴적으로 검출하여 대량 생산에 적합합니다.

최신 테스트 장비는 종종 데이터 수집 시스템을 통합하여 인공 지능 알고리즘을 통해 감지 결과를 분석하여 감지 효율성과 정확성을 향상시킵니다.

8.6 지르코늄 텅스텐 전극의 장비 유지 보수 및 최적화

장비 유지 관리 및 최적화는 정기적인 유지 관리, 결함 진단 및 성능 최적화를 포함하여 생산 연속성과 전극 품질을 보장하는 데 중요합니다.

장비 유지 보수

정기 검사: 매월 분쇄, 혼합, 소결 및 가공 장비의 작동 상태를 확인하고 센서 및

저작권 및 법적 책임 선언문

제어 시스템을 교정합니다.

윤활 및 청소: 금형 및 드로잉 기계를 정기적으로 청소하고 흑연과 같은 윤활제를 추가하여 마모를 줄입니다.

부품 교체: 장비 성능을 보장하기 위해 마모된 부품(예: 소결로의 발열체, 드로잉 기계의 금형)을 정기적으로 교체하십시오.

안전 관리: 수소 소결로는 안전 사고를 방지하기 위해 누출 감지 및 자동 배기 시스템을 갖추어야 합니다.

장비 최적화

자동화 업그레이드: 산업용 사물 인터넷(IIoT) 및 SCADA 시스템을 도입하여 장비 상태와 생산 데이터를 실시간으로 모니터링하여 생산 효율성을 10%-20% 향상시킵니다.

지능형 변환: 기계 학습 알고리즘은 장비 매개변수(예: 소결 온도, 인발 속도)를 최적화하고 스크랩 비율(<1%)을 줄이는 데 사용됩니다.

친환경 개조: 폐열 회수 시스템과 고효율 먼지 제거 장비를 설치하여 에너지 소비 및 먼지 배출을 줄입니다(<10mg/m³).

모듈식 설계: 모듈식 장비 구조를 채택하여 유지 관리 및 업그레이드가 용이하여 가동 중지 시간이 줄어듭니다.

장비 유지 관리 및 최적화의 조합은 지르코늄 텅스텐 전극 생산 라인의 안정적인 작동과 고효율을 보장하여 고정밀 산업 응용 분야의 요구 사항을 충족합니다.



저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD

Zirconium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Zirconium Tungsten Electrode

Zirconium tungsten electrode is a non-radioactive welding electrode made by doping a small amount of zirconium oxide (ZrO₂) into a high-purity tungsten base. It is specifically optimized for AC TIG (Tungsten Inert Gas) welding. Its excellent arc stability and outstanding resistance to contamination make it the preferred choice for welding aluminum, magnesium, and their alloys.

2. Types of Zirconium Tungsten Electrode

Grade	Tip Color	ZrO ₂ Content (wt.%)	Characteristics & Applications
WZ3	Brown	0.2–0.4	Ideal for low to medium intensity AC welding; cost-effective
WZ38	White	0.7–0.9	Industry-standard grade with excellent overall performance

3. Standard Sizes & Packaging of Zirconium Tungsten Electrode

Diameter (mm)	Length (mm)	Regular Coloring	Packing:
1.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10 pcs/box
1.6	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.4	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
3.2	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
4.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
Remark	The sizes can be customized		

4. Applications of Zirconium Tungsten Electrode

- Welding of aluminum and aluminum alloys: such as doors, windows, frames, and automotive body structures
- Welding of magnesium and magnesium alloys: widely used in aerospace lightweight components
- AC welding of stainless steel (under specific low-current conditions)
- Precision welding in aerospace, rail transit, pressure vessels, etc.
- Used in automated welding systems and robotic torch assemblies

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

9 장 지르코늄 텅스텐 전극에 대한 국내외 표준

텅스텐 불활성 가스 차폐(TIG 용접) 및 플라즈마 절단의 핵심 재료인 지르코늄 텅스텐 전극은 성능과 품질에 대한 엄격한 국내 및 국제 표준을 충족해야 합니다. 표준화는 지르코늄 텅스텐 전극의 화학적 조성, 물리적 특성, 치수 정확도 및 적용 일관성을 보장하여 항공 우주, 자동차 제조 및 원자력 산업과 같은 고정밀 분야의 요구를 충족합니다. 이 장에서는 지르코늄 텅스텐 전극에 대한 국제 표준(예: ISO 6848, AWS A5.12) 및 국내 표준(예: GB/T 4187)에 대해 자세히 논의하고, 특정 내용과 요구 사항을 분석하고, 국내외 표준의 유사점과 차이점을 비교하고, 표준의 업데이트 및 발전 동향을 기대합니다.

9.1 지르코늄 텅스텐 전극에 대한 국제 표준

국제 표준은 글로벌 무역 및 산업 생산에 널리 사용되는 지르코늄 텅스텐 전극의 생산, 테스트 및 적용에 대한 통일된 사양을 제공합니다. 주요 국제 표준으로는 국제표준화기구(ISO)의 ISO 6848 과 미국용접협회(AWS)의 AWS A5.12 가 있습니다.

9.1.1 ISO 표준(e.g. ISO 6848)

ISO 6848 (최신 버전은 ISO 6848 : 2015, 아크 용접 및 절단 - 비소모성 텅스텐 전극 - 분류)은 비소모성 텅스텐 전극의 분류, 화학 성분, 성능 요구 사항 및 테스트 방법을 지정하는 지르코늄 텅스텐 전극에 대한 국제 표준입니다. 이 표준은 지르코늄 텅스텐 전극(WZ 시리즈)을 포함하여 TIG 용접 및 플라즈마 절단의 텅스텐 전극에 적용됩니다.

표준 내용:

분류: 지르코늄 텅스텐 전극은 지르코니아(ZrO_2) 함량에 따라 분류되며 주로 WZ3(0.15%–0.4% ZrO_2) 및 WZ8(0.7%–0.9% ZrO_2)을 포함합니다. 이 표준은 또한 순수 텅스텐(WP), 토륨 텅스텐(WT) 및 세륨 텅스텐(WC)과 같은 다른 유형의 텅스텐 전극을 정의합니다.

화학 성분: 텅스텐 매트릭스 순도(>99.5%) 및 지르코니아 함량의 허용 범위가 지정되어 있으며 불순물(예: Fe, Si, C)의 함량은 0.005% 미만으로 제어되어야 합니다.

성능 요구 사항: 아크 안정성, 점화 성능 및 소진 저항을 포함합니다. 지르코늄 텅스텐 전극은 교류(AC) 용접에서 우수한 아크 농도 및 오염 방지 기능을 나타내야 합니다.

테스트 방법: 화학 성분 분석(ICP-MS 또는 XRF 사용), 아크 성능 테스트(표준 용접 조건에서 점화 전압 및 아크 안정성 측정) 및 표면 품질 검사(표면 거칠기 $Ra < 0.8\mu m$)를 포함합니다.

마킹 및 포장: 전극 표면에는 등급(예: WZ8), 직경 및 길이가 표시되어야 하며 포장은 방습 및 방진 기능이 있어야 하며 적합성 인증서가 첨부되어야 합니다.

응용 분야: ISO 6848 은 전 세계적으로 TIG 용접 및 플라즈마 절단, 특히 항공우주, 조선, 자동차 제조와 같은 수요가 많은 시나리오에 적합합니다. 예를 들어, Boeing 과 Airbus 는 ISO 6848 에 따라 지르코늄 텅스텐 전극으로 알루미늄 합금 부품을 용접했습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

특징 및 이점:

글로벌 적용 가능성: ISO 6848 은 전 세계 대부분의 국가 및 지역에서 인정되어 국제 무역 및 국경 간 생산을 촉진합니다.

엄격한 품질 관리: 이 표준은 전극의 일관성과 신뢰성을 보장하기 위해 상세한 화학 성분과 성능을 요구합니다.

환경 지향: 비방사성 지르코늄 텅스텐 전극의 사용을 장려하고 점차적으로 토륨 텅스텐 전극(WT20)을 교체합니다.

9.1.2 AWS 표준(예: AWS A5.12)

AWS A5.12/A5.12M:2009(아크 용접 및 절단용 텅스텐 및 산화물 분산 텅스텐 전극 사양)는 미국 용접 협회에서 개발한 텅스텐 전극 표준으로 북미 시장에서 널리 사용되며 지르코늄 텅스텐 전극의 분류, 성능 및 테스트 요구 사항을 다룹니다.

표준 내용:

분류: 지르코늄 텅스텐 전극은 EWZr-1(WZ8, 0.7%–0.9% ZrO₂ 함유)과 EWZr-3(WZ3, 0.15%–0.4% ZrO₂ 함유)으로 구분됩니다. 이 표준에는 순수 텅스텐(EWP), 토륨 텅스텐(EWTh-2) 및 세륨 텅스텐(EWC-2)과 같은 다른 전극 유형도 포함됩니다.

화학 성분: 텅스텐 매트릭스의 순도는 99.5%를 >해야 하며, 지르코니아 함량의 허용 오차는 ±0.05%, 불순물(예: Fe 및 Si)의 함량은 <0.005%입니다.

성능 요구 사항: AC 용접에서 지르코늄 텅스텐 전극의 아크 안정성, 소손 저항 및 오염 방지 능력을 강조하며 특히 알루미늄 및 마그네슘 합금 용접에 적합합니다.

시험 방법: 화학 성분 분석(분광법에 의해), 아크 성능 테스트(점화 전압<50V 및 아크 드리프트율<5%) 측정 및 표면 품질 검사(Ra<0.8μm)를 포함합니다.

치수 및 표시: 전극 직경(1.0–6.4mm)과 길이(75–300mm)를 지정하고 표면에 AWS 분류 코드(예: EWZr-1)를 요구합니다.

애플리케이션: AWS A5.12 는 북미 시장, 특히 자동차 제조, 항공우주 및 에너지 산업에서 광범위한 영향력을 행사하고 있습니다. 예를 들어, Tesla 의 알루미늄 차체 용접과 General Electric 의 가스 터빈 부품 스프레이는 모두 AWS A5.12 표준을 준수해야 합니다.

특징 및 이점:

상세한 성능 테스트: 아크 성능 및 소손 저항에 대한 표준 테스트 방법은 보다 구체적이므로 고정밀 응용 분야에 적합합니다.

지역 권한: AWS 표준은 북미 시장에서 높은 평가를 받고 있어 현지 생산 및 인증을 용이하게 합니다.

강력한 호환성: 분류 및 요구 사항에서 ISO 6848 과 높은 수준의 일관성을 가지며 국제 표준 조정에 편리합니다.

9.2 지르코늄 텅스텐 전극에 대한 국내 표준

세계 최대의 텅스텐 자원 국가이자 지르코늄 텅스텐 전극 생산국인 중국은 지르코늄 텅스텐 전극의 생산, 테스트 및 적용을 다루는 일련의 국내 표준을 개발했습니다. 주요 표준에는 국가 표준(GB/T 표준)과 산업 표준, 내부 표준이 포함됩니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

9.2.1 GB/T 표준

GB/T 4187-2017(텅스텐 전극)은 텅스텐 전극의 분류, 화학 성분, 성능 요구 사항 및 테스트 방법을 지정하는 중국 국가 표준이며 TIG 용접 및 플라즈마 절단에 적합합니다.

표준 내용:

분류: 지르코늄 텅스텐 전극은 다른 유형의 텅스텐 전극(예: WT20, WC20)과 함께 WZ3(0.15%–0.4% ZrO₂) 및 WZ8(0.7%–0.9% ZrO₂)으로 나뉩니다.

화학 성분 : 텅스텐 매트릭스 순도 >99.5 %, 지르코니아 함량 허용 오차 ±0.05 %, 불순물 (예 : Fe, Si, C) 함량 <0.005 %.

성능 요구 사항: 지르코늄 텅스텐 전극은 AC 용접에서 우수한 아크 안정성(아크 드리프트율<5%), 점화 성능(점화 전압<50V) 및 소손 저항(수명은 순수 텅스텐 전극보다 2-3 배 더 길음)을 가져야 합니다.

테스트 방법: 화학 성분 분석(ICP-MS 또는 XRF), 아크 성능 테스트(표준 AC 용접 장비에서 수행) 및 표면 품질 검사(Ra<0.8μm)를 포함합니다.

치수 및 포장: 지정된 전극 직경(1.0–6.4mm) 및 길이(75–300mm), 방습 및 방진 포장에 필요하며 적합성 인증서가 첨부되어 있습니다.

응용 프로그램: GB/T 4187 은 중국의 항공 우주, 자동차 제조, 조선 산업 및 원자력 산업에서 널리 사용됩니다. 예를 들어, AVIC 의 항공기 부품 용접과 CSIC 의 선체 용접은 이 표준을 충족해야 합니다.

특징 및 이점:

중국 시장에 대한 적응: 이 표준은 중국 텅스텐 자원의 장점을 결합하여 대규모 생산에 적합한 생산 및 테스트 요구 사항을 최적화합니다.

엄격한 불순물 관리: 불순물 함량에 대한 요구 사항은 국제 표준에 부합하여 전극 품질을 보장합니다.

환경 지향: 환경 규정에 따라 톨륨 텅스텐 전극 대신 지르코늄 텅스텐 전극의 사용을 권장합니다.

9.2.2 산업 표준 및 기업 표준

국가 표준 외에도 중국은 특정 산업 또는 기업의 요구를 충족시키기 위해 여러 산업 표준 및 기업 표준을 개발했습니다.

산업 표준:

YS/T 231-2016 (텅스텐 전극에 대한 산업 표준): 지르코늄 텅스텐 전극의 생산 공정 및 품질 관리 요구 사항을 개선하고 비철금속 용접 분야에 적합한 비철금속 기술 및 경제 연구소에서 제정했습니다.

JB/T 4744-2007(용접용 텅스텐 전극): 기계 산업 연맹에서 제정한 이 전극은 기계 제조에서 지르코늄 텅스텐 전극의 적용을 규제하는 데 중점을 두고 아크 성능과 오염 방지 능력을 강조합니다.

산업 표준은 종종 GB/T 4187 에 의해 보완되며 특정 산업(예: 항공, 선박)에 대한 보다 구체적인 요구 사항을 제공합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

기업 표준:

국내 주요 텅스텐 전극 제조업체는 GB/T 4187 을 기반으로 더욱 개선된 내부 기업 표준(Q/기업 코드)을 제정했습니다. 예를 들어:

화학 성분: 지르코니아 함량의 허용 오차는 $\pm 0.03\%$ 여야 하며 불순물 함량은 0.003% 입니다.

표면 품질: 고급 용접 요구 사항을 충족하려면 $Ra < 0.4 \mu m$ 의 표면 거칠기가 필요합니다.

성능 테스트: 오염 방지 테스트(예: 산화물 함유 환경에서의 아크 안정성 테스트)가 추가되었습니다.

기업 표준은 일반적으로 고급 시장(예: 항공우주, 원자력 산업)의 요구를 충족하기 위해 국가 표준보다 더 엄격합니다.

특징 및 이점:

유연성: 산업 및 기업 표준은 시장 수요에 신속하게 대응하고 국가 표준의 단점을 보완할 수 있습니다.

맞춤화: 기업 표준은 고전류 AC 용접과 같은 특정 고객 또는 애플리케이션 시나리오에 대한 요구 사항을 최적화합니다.

시장 경쟁력: 보다 엄격한 기준을 통해 제품 품질을 향상시키고 국제 시장에서의 경쟁력을 강화합니다.

9.3 지르코늄 텅스텐 전극 표준의 내용 및 요구 사항

지르코늄 텅스텐 전극에 대한 국내 및 국제 표준은 TIG 용접 및 플라즈마 절단의 성능과 일관성을 보장하기 위해 화학 성분, 물리적 특성 및 치수 공차에 대한 자세한 요구 사항을 제시합니다. 다음은 화학 성분, 물리적 특성 및 치수 공차의 세 가지 측면에서 분석됩니다.

9.3.1 화학 성분 요구 사항

화학 성분은 지르코늄 텅스텐 전극 품질의 핵심이며 아크 안정성, 점화 성능 및 소손 저항에 직접적인 영향을 미칩니다. 화학 성분에 대한 요구 사항은 주로 다음을 포함하여 국내외 표준에서 매우 일관됩니다.

텅스텐 매트릭스:

순도: $> 99.5\%$ (ISO 6848, AWS A5.12, GB/T 4187), 전극의 높은 용점(약 $3422^{\circ}C$)과 화학적 안정성을 보장합니다.

불순물 함량: 철(Fe), 규소(Si), 탄소(C) 및 기타 불순물의 총 함량 $< 0.005\%$, 개별 불순물 $< 0.002\%$ 입니다. 과도한 불순물은 아크 불안정 또는 전극 소손을 유발할 수 있습니다.

테스트 방법: ICP-MS(유도 결합 플라즈마 질량 분석법) 또는 XRF(X 선 형광 분광법) 검출을 사용하여 $\pm 0.001\%$ 의 정확도를 보장합니다.

지르코니아(ZrO_2):

WZ3: 저전류에서 중전류(50–150A) AC 용접의 경우 $0.15\% - 0.4\%$ (허용 오차 $\pm 0.05\%$).

저작권 및 법적 책임 선언문

WZ8: 고전류(150-400A) AC 용접의 경우 0.7%-0.9%(허용 오차 $\pm 0.05\%$).

결정 형태 요구 사항: 지르코니아는 고온 안정성을 보장하기 위해 주로 단사정계 ZrO_2 입니다.

시험 방법: XRF 또는 화학적 적정으로 $\pm 0.01\%$ 의 정확도로 지르코니아 함량을 확인합니다.

기타 요구 사항:

전극의 환경 보호를 보장하기 위해 방사성 물질(예: 산화토륨)의 사용은 금지됩니다.

전극 산화 및 성능 저하를 방지하기 위해 산소 함량 $< 0.005\%$ 입니다.

화학 성분 요구 사항을 엄격하게 제어하면 고정밀 용접에서 지르코늄 텅스텐 전극의 신뢰성과 일관성이 보장됩니다.

9.3.2 신체 성능 요구 사항

물리적 특성 요구 사항은 아크 안정성, 점화 성능, 소손 저항 및 오염 저항을 포함하며 이는 지르코늄 텅스텐 전극의 적용 효과에 직접적인 영향을 미칩니다. 물리적 특성에 대한 표준 테스트 방법 및 지표는 다음과 같습니다.

아크 안정성:

요구 사항: 아크 드리프트율 $< 5\%$ (표준 AC 용접 조건에서 전류 150-400A).

시험 방법: 고주파 AC TIG 용접 장비를 사용하여 아크 모양과 드리프트 거리를 측정합니다(고속 사진 또는 아크 분석기에 의해).

지르코늄 텅스텐 전극의 특성: WZ8 은 고전류 AC 용접에서 WZ3 보다 아크 농도가 우수하며 후판 알루미늄 합금 용접에 적합합니다. WZ3 는 박판 용접에 적합하며 아크 안정성은 순수 텅스텐 전극보다 여전히 우수합니다.

점화 성능:

요구 사항: 점화 전압 $< 50V$, 점화 성공률 $> 99\%$ (고주파 AC 조건에서).

시험 방법: 표준 용접 장비에서 다중 점화 테스트를 수행하여 점화 전압과 성공률을 기록합니다.

지르코늄 텅스텐 전극 특성: 낮은 전자 탈출 작업($2.7-3.0eV$)으로 지르코늄 텅스텐 전극이 고주파 AC 용접에서 빠르게 점화할 수 있으며 이는 순수 텅스텐 전극($4.5eV$)보다 우수합니다.

화상 저항:

요구 사항: 고전류(200-400A) AC 용접에서 전극 팁 소손률 $< 0.1mm/h$.

시험 방법: 표준 용접 조건에서 몇 시간 동안 연속 작동하여 팁 크기 변화를 측정합니다(현미경 또는 레이저 거리 측정기에 의해).

지르코늄 텅스텐 전극의 특성 : 지르코니아의 분산 상 보호는 WZ8 전극의 수명을 순수 텅스텐 전극보다 2-3 배 더 길게 만들고 WZ3 전극의 수명도 적당한 전류에서 크게 연장됩니다.

오염 방지 능력:

요구 사항: 산화물(예: Al_2O_3 , MgO)이 포함된 용접 환경에서는 전극 표면에 명백한 오염이 없으며 아크 안정성이 >95%로 유지됩니다.

시험 방법: 전극 표면 오염 정도와 아크 성능을 관찰하기 위해 시뮬레이션된 오염 환경에서 용접 시험을 수행합니다.

지르코늄 텅스텐 전극 특성: 화학적 안정성과 높은 표면 마감($Ra < 0.4\mu m$)은 알루미늄 및 마그네슘 합금 용접에서 토륨-텅스텐 및 세륨-텅스텐 전극보다 우수합니다.

9.3.3 치수 및 공차 요구 사항

치수 및 공차 요구 사항은 지르코늄 텅스텐 전극의 기하학적 일관성을 보장하여 용접 장비 및 공정의 요구 사항을 충족합니다. 치수 및 공차에 대한 표준 요구 사항은 다음과 같습니다.

직경:

범위: 1.0–6.4mm(공통 사양은 1.6mm, 2.4mm, 3.2mm, 4.0mm).

공차: $\pm 0.05mm$ (ISO 6848, AWS A5.12, GB/T 4187)를 사용하여 용접 건 척과의 호환성을 보장합니다.

시험 방법: 레이저 거리 측정기 또는 고정밀 캘리퍼스를 사용하여 측정합니다.

길이:

범위: 75–300mm(공통 사양은 150mm, 175mm).

공차: $\pm 1mm$, 다양한 용접 장비의 요구 사항을 충족합니다.

시험 방법: CNC 측정 장비 또는 눈금자로 확인하십시오.

표면:

요구 사항: 표면 거칠기 $Ra < 0.8 \mu m$ (연마 후 $Ra < 0.4 \mu m$) 균열, 금힘 또는 산화물이 없습니다.

시험 방법: 표면거칠기측정기와 현미경을 이용한 검사.

지르코늄 텅스텐 전극 특징: 높은 표면 마감은 오염 물질 접착을 줄이고 아크 안정성을 향상시킵니다.

팁 형상:

요구 사항: 팁 각도 30° – 60° (AC 용접 편향 둔각 45° – 60° , DC 용접 편향 예각 30° – 45°), 공차 $\pm 2^\circ$.

시험 방법: 각도 측정기 또는 현미경을 사용하여 검증합니다.

치수와 공차를 엄격하게 제어하면 자동 용접 장비에서 지르코늄 텅스텐 전극의 호환성과 성능 안정성이 보장됩니다.

9.4 지르코늄 텅스텐 전극에 대한 국내외 표준 비교 및 조정

국내의 표준은 지르코늄 텅스텐 전극의 분류, 화학 성분, 성능 요구 사항 및 테스트 방법에 있어 높은 유사성을 가지고 있지만 특정 차이점도 있습니다. 다음은 여러 차원의 비교와 조정 가능성입니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

분류 및 명명:

ISO 6848: 지르코늄 텅스텐 전극은 지르코니아 함량에 따라 WZ3 과 WZ8 로 나뉩니다.
AWS A5.12: EWZr-1(WZ8)과 EWZr-3(WZ3)으로 나뉘며 이름은 다르지만 본질적으로 동일합니다.

GB/T 4187: WZ3 및 WZ8 분류는 ISO 에서 사용되며 이름은 정확히 동일합니다.

비교: 세 가지의 분류 기준은 동일하며 AWS(EWZr-1)의 명칭은 전극 유형(전극은 E, 텅스텐은 W, 지르코늄은 Zr)을 강조합니다.

조정: 명명 차이는 실제 적용에 영향을 미치지 않으며 국제 무역에서 비교표를 통해 통일될 수 있습니다.

화학 성분:

ISO 6848: 텅스텐 순도 >99.5 %, 지르코니아 내성 ± 0.05 %, 불순물 < 0.005 %.

AWS A5.12: 일관된 요구 사항 및 보다 자세한 테스트 방법(예: ICP-MS 테스트에 대한 명시적 요구 사항).

GB/T 4187: 요구 사항은 ISO 와 일치하지만 산소 함량<0.005%와 같은 불순물이 더 잘 통제됩니다.

비교: 세 가지의 화학 성분에 대한 요구 사항은 매우 일관되며 GB/T 4187 은 산소 함량 제어 측면에서 약간 더 엄격합니다.

조화: ICP-MS 와 같은 통합 테스트 방법을 통한 성분 요구 사항의 일관성.

물리적 특성:

ISO 6848: 보다 일반적인 테스트 방법론으로 아크 안정성과 연소 저항성을 강조합니다.

AWS A5.12: 점화 성능 및 오염 저항성 향상에 대한 특정 테스트 지표(예: 점화 전압<50V).

GB/T 4187: ISO 와 유사하지만 AC 용접의 아크 안정성에 대한 보다 자세한 요구 사항이 있습니다.

비교: AWS 표준은 성능 테스트에서 더 구체적인 반면 ISO 및 GB/T 는 일반성에 더 중점을 둡니다.

조화: AWS 점화 성능 테스트와 같은 보충 테스트 방법을 통해 표준을 조화시킬 수 있습니다.

치수 및 공차:

ISO 6848: 직경 공차 ± 0.05 mm, 길이 공차 ± 1 mm, 표면 거칠기 $Ra < 0.8\mu m$.

AWS A5.12: 팁 각도 공차($\pm 2^\circ$)에 추가로 중점을 두고 요구 사항이 일관됩니다.

GB/T 4187: 요구 사항은 ISO 와 일치하지만 고급 응용 분야에서는 $Ra < 0.4\mu m$ 의 표면 거칠기가 필요합니다.

비교: 세 가지의 크기 요구 사항은 매우 일관되며 GB/T 4187 은 표면 품질 측면에서 더 엄격합니다.

조정: 조화된 공차 표준과 레이저 거리 측정기와 같은 테스트 장비를 통해 조정을 달성합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

환경 보호 및 안전:

ISO 6848: 비방사성 전극(예: 지르코늄 텅스텐, 세륨 텅스텐)의 사용을 권장하고 REACH 규정을 준수합니다.

AWS A5.12: MSDS(물질안전보건자료) 제공을 강조하는 비방사능에 대한 명시적 요구 사항.

GB/T 4187: 중국의 환경 보호 규정을 준수하고 토륨 텅스텐 전극의 사용을 금지합니다.

비교: 세 가지 모두 환경 보호를 강조하며 AWS는 MSDS에 대한 보다 구체적인 요구 사항을 가지고 있습니다.

조화: 조화된 MSDS 형식과 ISO 14001과 같은 환경 인증을 통한 조화.

조정 전망:

기술 조정: ISO, AWS 및 GB/T 표준은 핵심 요구 사항에서 매우 일관되며 기술 위원회(예: ISO/TC 44)를 통해 통합 표준을 개발하여 무역 장벽을 줄일 수 있습니다.

지역적 차이: 북미 시장은 AWS 표준을 선호하고, 유럽과 아시아는 ISO 표준을 선호하며, 중국은 GB/T 표준을 지배합니다. 조정은 지역 규정과 시장 습관을 고려합니다.

산업 진흥: 주요 글로벌 텅스텐 전극 제조업체는 표준 제정에 적극적으로 참여하고 국내외 표준의 통합을 촉진합니다.

표준 조화를 통해 지르코늄 텅스텐 전극의 글로벌 생산 및 적용이 더욱 표준화되어 국제 무역 및 기술 교류가 촉진될 것입니다.

9.5 지르코늄 텅스텐 전극 표준의 업데이트 및 개발 동향

지르코늄 텅스텐 전극 표준의 업데이트 및 개발 추세는 기술 발전, 시장 수요 및 환경 규제에 의해 주도됩니다. 다음은 주요 추세와 발전 방향을 분석합니다.

기술 발전 주도:

나노기술: 나노 규모의 지르코니아(<100nm)의 적용으로 지르코늄 텅스텐 전극의 성능이 향상되었으며 향후 표준에서는 더 엄격한 입자 크기 분포 및 균일성 감지와 같은 나노 도핑과 관련된 요구 사항이 증가할 수 있습니다.

복합 도핑: 새로운 복합 전극(예: 도핑된 $\text{La}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2$)이 개발되고 있으며 새로운 재료를 포함하도록 표준을 확장해야 합니다. 예를 들어, ISO 6848은 복합 전극의 새로운 범주를 추가할 수 있습니다.

지능형 감지: 인공 지능 및 빅 데이터 기술의 적용으로 검사 효율성이 향상되었으며 향후 표준에서는 AI 지원 테스트 방법(예: SEM 이미지 분석)을 도입할 수 있습니다.

시장 수요 주도:

고정밀 응용 분야: 항공우주, 원자력 산업 및 의료 기기 제조에서는 점점 더 전극 성능을 요구하고 있으며, 표준에는 아크 안정성 및 오염 저항성에 대한 보다 엄격한 테스트가 추가될 수 있습니다.

자동 용접: 자동화된 TIG 용접 장비의 인기로 인해 더 작은 전극 크기 공차(예: $\pm 0.02\text{mm}$)가 필요하며 향후 표준에서는 크기 요구 사항을 개선할 수 있습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

신흥 산업: 새로운 에너지원(예: 풍력 및 태양광 장비)과 3D 프린팅 기술의 부상으로 인해 새로운 응용 시나리오를 포괄하는 표준이 확장될 수 있습니다.

환경 규제 주도:

방사능 요구 사항 없음: 환경 규제(예: EU REACH, 중국 환경 보호법)가 강화됨에 따라 토륨 텅스텐 전극의 제한이 더욱 확대되고 지르코늄 텅스텐 전극의 환경적 이점이 표준 업데이트를 촉진할 것입니다.

녹색 제조: 향후 표준은 에너지 소비, 폐기물 재활용률, 먼지 배출 기준 등 생산 공정에 대한 환경 요구 사항을 증가시킬 수 있습니다.

MSDS 표준화: AWS A5.12 의 MSDS 요구 사항은 ISO 및 GB/T 표준에 채택되어 전 세계적으로 통합된 물질 안전 사양을 형성할 수 있습니다.

업데이트 동향:

표준 융합: ISO, AWS 및 GB/T 표준이 더욱 통합되어 전 세계적으로 통합된 표준 프레임워크를 형성하고 무역 장벽을 줄일 것입니다.

동적 업데이트: 기술 발전과 시장 수요를 수용하기 위해 표준 업데이트 주기가 단축됩니다(5-10 년에서 3-5 년으로).

디지털 표준: 향후 표준은 실시간 쿼리 및 업데이트를 위해 디지털 형식(예: 온라인 데이터베이스)으로 게시될 수 있습니다.

지르코늄 텅스텐 전극 표준의 지속적인 업데이트는 고정밀, 환경 친화적 및 고효율 분야에서의 적용을 촉진하여 글로벌 산업 발전의 요구를 충족시킬 것입니다.



10 장 지르코늄 텅스텐 전극의 검출 방법

지르코늄 텅스텐 전극의 품질 검사는 텅스텐 불활성 가스 차폐 용접(TIG 용접), 플라스마 절단 및 플라스마 스프레이의 성능과 직접적인 관련이 있는 일관된 성능과 응용 신뢰성을 보장하는 중요한 연결 고리입니다. 검출 방법은 화학 성분, 물리적 특성, 미세 구조, 전극 성능 및 환경 적응성과 같은 다양한 측면을 다루며 국제 표준(예: ISO 6848, AWS A5.12) 및 국내 표준(예: GB/T 4187)을 준수해야 합니다. 이 장에서는 지르코늄 텅스텐 전극의 검출 방법에 대해 자세히 논의하고, 원리, 장비 요구 사항 및 테스트 프로세스를 분석하고, 테스트 장비의 교정 및 표준화에 대해 논의하고, 생산 및 적용에 대한 기술 지침을 제공하기 위한 일반적인 문제와 솔루션을 제공합니다.

10.1 지르코늄 텅스텐 전극의 화학 성분 검출

화학 성분 테스트는 표준 요구 사항(예: WZ3에는 0.15%–0.4% ZrO_2 , WZ8에는 0.7%–0.9% ZrO_2 및 불순물 $<0.005\%$)을 준수하는지 확인하기 위해 지르코늄 텅스텐 전극의 텅스텐 매트릭스, 지르코니아(ZrO_2) 함량 및 불순물 함량의 순도를 확인하는 데 사용됩니다. 일반적으로 사용되는 분석 방법에는 분광 분석 및 화학적 적정이 포함됩니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

10.1.1 스펙트럼 분석

스펙트럼 분석은 방출되거나 흡수된 물질의 스펙트럼 특성을 감지하여 화학 성분을 결정하여 지르코늄 텅스텐 전극의 화학 성분을 검출하는 주류 방법입니다. 일반적인 장비에는 유도 결합 플라즈마 질량 분석법(ICP-MS) 및 X 선 형광 분광법(XRF)이 포함됩니다.

유도 결합 플라즈마 질량 분석법(ICP-MS)

원리: 샘플은 고온 플라즈마(약 6000–10,000°C)에서 이온화되어 하전 이온을 생성하고, 이를 분리하고 질량 분석법으로 측정하여 원소 함량을 결정합니다.

프로세스:

시료 준비: 지르코늄 텅스텐 전극 시료(약 0.1-1g)를 산성 용액(예: 질산 + 불산)에 용해시켜 균질한 용액을 준비합니다.

기기 교정: 표준 용액(예: 텅스텐, 지르코늄 표준물질)을 사용하여 ICP-MS 를 교정하여 $\pm 0.001\%$ 의 정확도를 보장합니다.

분석: 샘플 용액을 분무기를 통해 플라즈마에 투입하여 텅스텐(>99.5%)과 지르코니아(WZ3: 0.15%–0.4%; WZ8: 0.7%–0.9%) 및 불순물(예: Fe, Si, C<0.005%).

데이터 처리: 소프트웨어를 통해 스펙트럼 데이터를 분석하여 구성 보고서를 생성합니다.

이점:

고감도: 검출 한계는 ppb 수준(10^{-9})에 도달할 수 있습니다.

높은 정확도: 오차 $\leq \pm 0.001\%$ 로 미량 불순물 검출에 적합합니다.

다원소 분석: 여러 원소(예: W, Zr, Fe, Si)를 동시에 검출할 수 있습니다.

제한 사항: 복잡한 시료 전처리, 강산 및 높은 장비 비용(약 US\$50-100 만).

응용 분야: 항공 우주 및 원자력 산업의 요구 사항을 충족하는 고급 지르코늄 텅스텐 전극(예: WZ8)의 품질 인증에 널리 사용됩니다.

X 선 형광 분광법(XRF)

원리: X 선은 시료 원자를 여기시키고, 특징적인 형광을 생성하며, 형광 강도를 감지하여 원소 함량을 결정합니다.

프로세스:

샘플 준비: 지르코늄 텅스텐 전극 샘플을 $Ra < 0.4 \mu m$ 로 연마하거나 분말 정제로 만듭니다.

기기 교정: 표준 샘플(예: 고순도 텅스텐, 지르코니아)을 사용하여 XRF 기기를 교정합니다.

분석: 샘플을 X 선에 노출시키고 텅스텐, 지르코니아 및 불순물의 형광 강도를 검출하고 함량을 분석합니다.

데이터 처리: $0.01\% \pm$ 정확도로 성분 보고서를 생성합니다.

이점:

비파괴: 샘플을 용해할 필요가 없으며 완제품 테스트에 적합합니다.

작동하기 쉬움: 검사 시간은 5 분< 온라인 품질 관리에 적합합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

저렴한 비용: 장치 비용은 약 \$10-300,000 입니다.

한계: ICP-MS 보다 감도가 낮고(검출 한계는 약 ppm) 미량 불순물에 대한 검출 능력이 제한적입니다.

응용 분야: WZ3 및 WZ8 전극에 대한 지르코니아 함량 검증과 같은 대량 생산에서 신속한 구성 요소 감지용.

10.1.2 화학적 적정법

화학적 적정은 화학 반응에 의해 지르코니아 함량을 정량화하며 실험실 및 소량 테스트에 적합합니다. 방법은 다음과 같습니다.

원리: 지르코니아와 EDTA 와 같은 특정 시약의 화학 반응은 적정에 의해 그 함량을 결정하는 데 사용됩니다.

프로세스:

샘플 용해: 지르코늄 텅스텐 전극 샘플(약 0.5-1g)을 산성 용액(예: 질산 + 불화수소산)에 용해시킵니다.

지르코늄 분리: 화학적 침전(예: 암모니아를 첨가하여 $Zr(OH)_4$ 침전을 형성)에 의한 지르코늄 이온 분리.

적정: 지르코늄 이온을 EDTA 표준 용액으로 적정하고 지시약(예: 자일렌 오렌지)을 추가하고 색상 변화를 관찰하여 종점을 결정합니다.

계산: 지르코니아 함량은 적정량에 따라 $0.02\% \pm$ 정확도로 계산됩니다.

이점:

저렴한 비용: 고가의 장비가 필요하지 않아 소규모 실험실에 적합합니다.

고도로 표적화됨: 지르코니아 함량에 대해 특별히 테스트되었으며 신뢰할 수 있는 결과입니다.

제한:

복잡한 작업: 화학 분석 기술에 대한 숙련도가 필요하며 오랜 시간(약 1-2 시간)이 걸립니다.

지르코니아만 해당: 다른 불순물이나 텅스텐 함량은 감지할 수 없습니다.

응용 분야: 지르코늄 텅스텐 전극 생산의 초기 단계에서 조성 검증을 위해 또는 ICP-MS/XRF 를 보완하는 방법으로.

10.2 지르코늄 텅스텐 전극의 물리적 특성 테스트

물리적 특성 테스트는 지르코늄 텅스텐 전극의 경도, 밀도 및 다공성을 평가하는 데 사용되며, 기계적 특성과 구조적 무결성이 용접 및 절단 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.

10.2.1 경도 시험

경도 시험은 지르코늄 텅스텐 전극의 변형에 대한 저항성을 평가하여 고온 아크에서 마모 및 소손에 대한 저항성을 반영합니다. 일반적인 방법에는 비커스 경도(HV) 및

로크웰 경도(HRC) 테스트가 포함됩니다.

비커스 경도 시험

원리: 다이아몬드 압자로 전극 표면에 특정 하중(보통 5-10kgf)을 가하고 압입의 대각선 길이를 측정하여 경도 값을 계산합니다.

프로세스:

샘플 준비: 전극을 $Ra < 0.4\mu m$ 로 연마하고 단면 샘플로 절단합니다.

테스트: 비커스 경도 시험기(예: HV-1000)를 사용하여 5kgf 의 하중을 가하고 10-15 초 동안 압력을 유지합니다.

측정: 현미경으로 압입의 대각선 길이를 측정하고 경도를 계산합니다(일반: HV 400-500).

장점: 작은 샘플 크기에 적합한 고정밀; 미세한 영역 경도를 감지할 수 있습니다.

제한 사항: 샘플을 연마해야 하며 테스트 속도가 느립니다(포인트당 약 1 분).

응용 분야: 지르코늄 텅스텐 전극의 내마모성을 평가하는 데 사용되어 고전류 용접에서 팁 안정성을 보장합니다.

로크웰 경도 시험

원리: 강구 또는 다이아몬드 압자 헤드로 하중(보통 60-150kgf)을 가하고 압입 깊이를 측정하고 경도 값을 계산합니다.

프로세스:

샘플 준비: $Ra < 0.8\mu m$ 까지 전극 표면 연마.

테스트: 로크웰 경도 시험기(예: HR-150A)를 사용하여 60kgf 의 하중을 가하고 5-10 초 동안 압력을 유지합니다.

측정: 경도 값의 직접 판독(일반: HRC 40-50).

장점: 간단한 조작으로 신속한 감지에 적합합니다.

제한 사항: 정확도는 비커스 경도보다 낮아 대형 샘플에 적합합니다.

응용 분야: 대량 생산에서 신속한 경도 스크리닝을 위해.

10.2.2 밀도 및 다공성 테스트

밀도 및 다공성 테스트는 지르코늄 텅스텐 전극의 소형도와 내부 결함을 평가하는 데 사용되며 열전도율과 소손 저항에 영향을 미칩니다.

밀도 테스트

원리: 전극의 밀도는 아르키메데스 원리에 의해 측정되며, 이론 밀도(약 $19.25g/cm^3$)에 대한 비율이 계산됩니다.

프로세스:

샘플 준비: 전극 샘플(길이 10-20mm)을 채취하여 세척하고 건조시킵니다.

측정: 밀도를 계산하기 위해 고정밀 전자 저울(정확도 $\pm 0.001g$)을 사용하여 건조 및 물 분동을 측정합니다.

결과: 고품질 지르코늄 텅스텐 전극의 밀도는 이론적 밀도 95%-98%였습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

장점: 간단하고 빠르며 비파괴적입니다.

제한 사항: 내부 기공 분포를 감지할 수 없습니다.

응용 프로그램: 소결 후 전극의 신속한 품질 평가를 위해.

다공성 시험

원리: 현미경 관찰 또는 가스 흡착으로 전극 내부의 기공 비율을 측정합니다.

프로세스:

현미경: 전극 슬라이스를 연마하고 광학 현미경이나 SEM 을 사용하여 다공성을 계산하여 다공성을 관찰하고 다공성(<0.5%)을 계산합니다.

가스 흡착 방법: 질소 흡착 기기(예: BET 방법)를 사용하여 0.01%± 정확도로 기공 부피를 측정합니다.

장점: 현미경 방법은 직관적이며 가스 흡착 방법은 정확도가 높습니다.

제한 사항: 현미경 방법은 샘플을 파괴해야 하며 가스 흡착 방법은 사용 비용이 많이 듭니다.

응용 분야: WZ8 과 같은 고급 전극의 품질 관리에 사용되어 내부 결함이 없는지 확인합니다.

10.3 지르코늄 텅스텐 전극의 미세 구조 분석

미세 구조 분석은 아크 안정성 및 소손 저항에 직접적인 영향을 미치는 지르코늄 텅스텐 전극의 입자 크기, 지르코니아 분포 및 상 조성을 연구하는 데 사용됩니다. 일반적인 방법에는 주사 전자 현미경(SEM) 및 X 선 회절(XRD)이 포함됩니다.

10.3.1 주사전자현미경(SEM)

원리: 시료 표면을 전자빔으로 스캔하여 입자 크기(10-20μm), 지르코니아 분포 및 내부 결함을 관찰하는 고해상도 이미지를 생성합니다.

프로세스:

샘플 준비: 전극 슬라이스를 연마하거나(Ra<0.2μm) 파괴 후 파괴 형태를 보존합니다.

테스트: SEM(예: JEOL JSM-7800F)을 사용하여 가속 전압을 10-20kV 로 설정하고 배율을 100-5000x 로 설정합니다.

분석: 에너지 분광법(EDS)과 함께 지르코니아 분포를 분석하고 입자 크기와 다공성을 확인합니다.

이점:

고해상도: 나노 규모의 지르코니아 입자(< 100nm)를 관찰할 수 있습니다.

다기능: EDS 와 결합하여 원소 분포를 정량적으로 분석할 수 있습니다.

제한 사항: 복잡한 시료 준비 및 높은 장비 비용(약 \$50-\$100 만).

응용 분야: 아크 안정성을 보장하기 위해 WZ8 전극의 지르코니아 균일성과 소결 품질을 분석하는 데 사용됩니다.

10.3.2 X 선 회절(XRD)

원리 : 결정의 결정 구조와 상 조성을 X 선과 샘플 결정의 회절로 분석하고 텅스텐

저작권 및 법적 책임 선언문

매트릭스와 지르코니아의 결정 형태를 검증합니다.

프로세스:

샘플 준비: 전극을 분말로 분쇄하거나 연마된 샘플을 직접 사용합니다.

테스트: XRD 기기(예: Bruker D8 Advance)를 사용하여 Cu-K α 광선(파장 1.5406 Å)을 10°-90°의 스캐닝 각도로 설정합니다.

분석: 회절 피크를 표준 스펙트럼과 비교하여 텅스텐(체심 입방체 구조) 및 지르코니아(단사정계 결정형) 상을 확인하고 이질적인 상을 확인합니다.

이점:

비파괴: 완제품 검사에 적합합니다.

높은 정확도: 미량의 불순물(예: 산화물)을 감지할 수 있습니다.

한계: 미세한 형태를 직접 관찰할 수 없으며 SEM 분석이 필요합니다.

응용 분야: 지르코늄 텅스텐 전극의 결정 구조를 검증하는 데 사용되어 표유 위상이 성능에 영향을 미치지 않도록 합니다.

10.4 지르코늄 텅스텐 전극의 전극 성능 시험

전극 성능 테스트는 아크 안정성, 점화 성능 및 수명을 포함하여 실제 용접 또는 절단에서 지르코늄 텅스텐 전극의 성능을 평가합니다.

10.4.1 아크 안정성 테스트

원리: TIG 용접 또는 플라즈마 절단 조건을 시뮬레이션하여 아크의 드리프트 속도와 형상 안정성을 측정합니다.

프로세스:

테스트 장비: 전류가 150-400A 이고 아르곤(유량 10-20L/min)의 고주파 AC TIG 용접기(예: Miller Dynasty 400)를 사용합니다.

테스트 조건: 전극 직경 2.4-3.2mm, 팁 각도 45°-60°, 용접 재료 알루미늄 합금(예: 6061).

측정: 고속 카메라(프레임 속도>1000fps)로 아크 모양을 기록하고 드리프트 속도(<5%)를 분석했습니다.

결과: WZ8 전극의 아크 드리프트율은 고전류에서 <3%로 WZ3(<5%)보다 우수했다.

장점: 실제 응용 분야에서 전극의 성능을 직접적으로 반영합니다.

제한 사항: 테스트 조건을 엄격하게 제어해야 하며 장비가 복잡합니다.

응용 분야: AC 용접에서 지르코늄 텅스텐 전극의 아크 안정성을 검증하는 데 사용되며 항공우주 및 자동차 제조 요구 사항을 충족합니다.

10.4.2 점화 성능 및 수명 테스트

점화 성능 테스트

원리: 고주파 AC 또는 DC 조건에서 전극의 점화 전압과 성공률을 측정합니다.

프로세스:

테스트 장비: 고주파 TIG 용접기, 전류 설정 50-150A(WZ3) 또는 150-400A(WZ8).

테스트 조건: 전극 직경 1.6-3.2mm, 팁 각도 30°-60°, 100 회 반복 점화.

저작권 및 법적 책임 선언문

측정: 점화 전압(<50V)과 성공률(>99%)이 기록됩니다.

결과: 지르코늄 텅스텐 전극의 점화 전압은 순수 텅스텐 전극(약 60-80V)보다 낮았고 WZ8 은 WZ3 보다 우수했습니다.

응용 분야: 자동 용접에서 전극의 빠른 점화 성능을 보장합니다.

수명 테스트

원리: 전극 팁 소손률과 수명은 표준 용접 조건에서 측정됩니다.

프로세스:

테스트 조건: AC 용접, 전류 200-400A, 1-2 시간 연속 작동.

측정: 현미경이나 레이저 거리 측정기를 사용하여 팁 번아웃(<0.1mm/h)을 측정합니다.

결과: WZ8 전극의 수명은 순수 텅스텐 전극의 약 2-3 배이고 WZ3 의 수명은 약 1.5-2 배입니다.

응용 분야: 고강도 용접에서 전극의 내구성을 평가하는 데 사용됩니다.

10.5 지르코늄 텅스텐 전극의 환경 적응성 시험

환경 적응성 테스트는 특수 환경(예: 고습, 고온 및 부식성 가스)에서 지르코늄 텅스텐 전극의 성능을 평가하고 실제 적용 시나리오를 시뮬레이션합니다.

고습도 환경 테스트

공정: TIG 용접은 아크 안정성과 표면 오염을 관찰하기 위해 습도가 80% > 150-300A 의 전류로 수행되었습니다.

결과: WZ8 전극의 오염 방지 능력은 WZ3 보다 우수했으며 아크 드리프트율은 <5%였습니다.

응용 분야: 해양 공학 및 조선에서 전극의 신뢰성을 검증합니다.

고온 환경 테스트

공정: 플라즈마 절단(온도 > 10,000°C)에서 2 시간 동안 연속 작동하여 팁 소손률(<0.1mm/h)을 측정합니다.

결과: WZ8 전극의 수명은 고온에서 순수 텅스텐 및 세륨 텅스텐 전극의 수명보다 우수했습니다.

응용 프로그램: 항공 엔진 스프레이 및 중장비 절단에 사용됩니다.

부식성 가스 테스트

공정: 염소나 황화물이 포함된 환경에서 용접하여 전극 표면 부식 및 아크 안정성을 관찰합니다.

결과: 지르코늄 텅스텐 전극의 화학적 안정성은 표면에 명백한 부식이 없었고 아크 안정성은 95% > 했습니다.

응용 분야: 화학 산업에서 전극의 적용 가능성을 검증합니다.

10.6 지르코늄 텅스텐 전극 시험 장비의 교정 및 표준화

테스트 장비의 교정 및 표준화는 테스트 결과의 정확성과 반복성을 보장하는 데

저작권 및 법적 책임 선언문

핵심이며 국제 표준(예: ISO/IEC 17025)을 준수해야 합니다.

교정 방법:

ICP-MS/XRF: 표준 샘플(예: 고순도 텅스텐, 지르코니아)을 사용하여 3-6 개월마다 $\pm 0.001\%$ 의 정확도로 교정합니다.

경도 시험기: $\leq \pm 2\text{HV}$ 의 오차로 표준 경도 블록(예: HV 400)을 사용하여 교정되었습니다.

SEM/XRD: 분해능과 회절 피크 정확도를 보장하기 위해 전자빔과 X 선 소스를 정기적으로 보정합니다.

아크 테스트 장비: 표준 전류 소스와 $\leq \pm 5\text{A}$ 의 오차가 있는 고속 카메라로 보정되었습니다.

표준화 요구 사항:

ISO 6848, AWS A5.12 및 GB/T 4187 테스트 방법론을 준수합니다.

교정 데이터를 기록하고 추적성 파일을 설정합니다.

국제 비교 테스트에 정기적으로 참여합니다(예: ISO/TC 44 에서 조직한 실험실 비교).

최신 기술: 자동 교정 시스템과 LabVIEW 와 같은 데이터 관리 소프트웨어를 사용하여 교정 효율성과 데이터 신뢰성을 개선합니다.

10.7 지르코늄 텅스텐 전극 감지의 일반적인 문제 및 해결 방법

문제 1: 화학 성분 검출 편향

현상: ICP-MS 또는 XRF 테스트 결과가 표준값에서 벗어납니다(예: 지르코니아 함량이 표준을 초과함).

원인: 고르지 않은 시료 전처리, 보정되지 않은 기기 또는 불순물 간섭.

용액:

균질성을 보장하기 위해 용해 시간(>2 시간)을 연장하여 시료 전처리를 최적화합니다.

기기를 정기적으로 교정하고 표준 샘플로 확인합니다.

불순물 간섭을 제거하기 위해 빈 샘플 테스트가 추가됩니다.

문제 2: 일관되지 않은 경도 시험

현상: 경도 값은 지역마다 크게 다릅니다($>\pm 10\text{HV}$).

원인: 샘플 표면이 고르지 않거나 테스트 포인트가 부적절하게 선택되었습니다.

용액:

연마 정확도 향상($R_a < 0.2\mu\text{m}$).

테스트 포인트 수(> 5)를 늘리고 평균을 취합니다.

문제 3: 비정상적인 미세 구조 분석

현상: SEM 또는 XRD 는 고르지 않은 지르코니아 분포 또는 이질적인 단계를 보여줍니다.

원인: 소결 공정의 결함 또는 시료 전처리의 오염.

용액:

최적화된 소결 매개변수(온도 $1800\text{--}2200^\circ\text{C}$, 1-2 시간 유지).

저작권 및 법적 책임 선언문

오염을 방지하기 위해 고순도 시약으로 샘플을 세척하십시오.

문제 4: 아크 성능 테스트가 불안정합니다.

현상: 아크 드리프트율 >5% 또는 높은 점화 실패율.

원인: 전극 팁 각도가 일관되지 않거나 테스트 조건이 불안정합니다.

용액:

CNC 연삭기를 사용하여 가공된 팁 각도 공차 $\pm 2^\circ$ 를 보장합니다.

표준화된 테스트 조건(예: 아르곤 유량 10-20 L/min).

체계적인 테스트 방법과 문제 해결 조치를 통해 지르코늄 텅스텐 전극의 품질 관리는 고정밀 산업 응용 분야의 요구를 충족할 수 있습니다.



1

CTIA GROUP LTD

Zirconium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Zirconium Tungsten Electrode

Zirconium tungsten electrode is a non-radioactive welding electrode made by doping a small amount of zirconium oxide (ZrO_2) into a high-purity tungsten base. It is specifically optimized for AC TIG (Tungsten Inert Gas) welding. Its excellent arc stability and outstanding resistance to contamination make it the preferred choice for welding aluminum, magnesium, and their alloys.

2. Types of Zirconium Tungsten Electrode

Grade	Tip Color	ZrO ₂ Content (wt.%)	Characteristics & Applications
WZ3	Brown	0.2–0.4	Ideal for low to medium intensity AC welding; cost-effective
WZ38	White	0.7–0.9	Industry-standard grade with excellent overall performance

3. Standard Sizes & Packaging of Zirconium Tungsten Electrode

Diameter (mm)	Length (mm)	Regular Coloring	Packing:
1.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10 pcs/box
1.6	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.4	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
3.2	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
4.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
Remark	The sizes can be customized		

4. Applications of Zirconium Tungsten Electrode

- Welding of aluminum and aluminum alloys: such as doors, windows, frames, and automotive body structures
- Welding of magnesium and magnesium alloys: widely used in aerospace lightweight components
- AC welding of stainless steel (under specific low-current conditions)
- Precision welding in aerospace, rail transit, pressure vessels, etc.
- Used in automated welding systems and robotic torch assemblies

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

11 장 지르코늄 텅스텐 전극의 미래 개발 동향

텅스텐 불활성 가스 차폐 용접(TIG 용접), 플라즈마 절단 및 플라즈마 스프레이의 핵심 재료인 지르코늄 텅스텐 전극은 우수한 아크 안정성, 소손 저항 및 오염 방지 기능으로 인해 항공 우주, 자동차 제조, 원자력 산업 및 기타 분야에서 중요한 위치를 차지하고 있습니다. 신소재 기술, 지능형 생산, 녹색 제조 및 신형 산업의 급속한 발전으로 지르코늄 텅스텐 전극의 성능 최적화 및 응용 분야는 지속적으로 확장되고 있습니다. 이 장에서는 지르코늄 텅스텐 전극의 미래 개발 동향, 신소재 및 기술의 적용, 성능 최적화 방향, 지능형 및 자동화 생산 동향, 녹색 제조 및 지속 가능한 개발, 신형 분야의 잠재력을 포함하여 산업 발전에 대한 미래 지향적인 참고 자료를 제공하는 것을 목표로 합니다.

11.1 신소재 및 기술 개발

신소재와 기술의 급속한 개발은 지르코늄 텅스텐 전극의 성능을 개선하고 생산 공정을 최적화할 수 있는 새로운 가능성을 제공합니다. 다음은 재료 혁신과 공정 기술이라는 두 가지 측면에서 발전 추세를 분석합니다.

신소재 개발

나노 스케일 지르코니아 도핑: 기존 지르코니아 텅스텐 전극(예: WZ3, WZ8)은 미크론 규모의 지르코니아(입자 크기 0.1-1 μ m)를 도펀트로 사용하며 향후 나노 규모의 지르코니아(<100nm)로 전환될 것입니다. 나노 규모의 지르코니아는 표면 에너지와 분산이 더 높아 전극의 아크 안정성과 소손 저항성을 크게 향상시킬 수 있습니다. 예를 들어, 연구에 따르면 나노 ZrO₂ 도핑 WZ8 전극은 고전류(300-400A) AC 용접에서 수명을 20%-30% 늘릴 수 있습니다.

복합 도핑 재료: 지르코늄 텅스텐 전극(아크 안정성), 란탄 텅스텐 전극(점화 성능) 및 세륨 텅스텐 전극(비용 이점)의 장점을 결합할 수 있는 여러 산화물(예: ZrO₂+La₂O₃, ZrO₂+CeO₂)을 동시에 도핑하여 가능합니다. 복합 도핑 전극은 입자 크기가 더 작고(5-10 μ m) 소손에 대한 저항력이 뛰어나 고정밀 용접 및 플라즈마 스프레이에 적합합니다.

새로운 매트릭스 재료: 텅스텐-텅스텐 카바이드 복합재와 같은 텅스텐 기반 복합재를 기판으로 탐색하여 전극의 경도(HV 500-600)와 내마모성을 개선하여 고온 플라즈마 환경에서 수명을 연장합니다.

기능성 코팅: 지르코늄 텅스텐 전극 표면에 나노 스케일 세라믹 코팅(예: 지르코니아 또는 질화 티타늄)을 적용하면 오염 저항성과 표면 마감(Ra<0.2 μ m)을 더욱 향상시켜 용접 중 오염 물질 접착을 줄일 수 있습니다.

신기술 개발

적층 제조(3D 프린팅): 적층 제조 기술을 사용하여 복잡한 구조의 지르코늄 텅스텐 전극 블랭크를 생산할 수 있으며, 지르코니아 분포와 입자 크기를 정밀하게 제어하여 전극 성능을 최적화할 수 있습니다. 예를 들어, 레이저 선택적 용융(SLM) 기술은 나노 규모에서 ZrO₂의 균일한 도핑을 가능하게 하고 다공성(<0.3%)을 줄입니다.

플라즈마 스프레이 향상: 플라즈마 스프레이 기술은 전극 생산에 도입되어 텅스텐 매트릭스 표면에 나노 규모의 지르코니아를 분사하여 균일한 도핑 층을 형성하고

저작권 및 법적 책임 선언문

전극의 소손 저항성을 향상시킵니다.

마이크로파 소결 기술: 마이크로파 소결(주파수 2.45GHz)은 빠르고 균일한 가열을 가능하게 하고, 소결 시간을 단축하고(4-6 시간에서 2-3 시간으로), 입자 성장을 줄이고(입자 크기는 5-10 μm 로 제어됨), 전극의 기계적 특성과 아크 안정성을 향상시킵니다.

표면 나노기술: 레이저 표면 처리 또는 이온빔 수정 기술을 통해 전극 표면에 나노 규모의 결정 구조가 형성되어 표면 경도와 오염 방지 기능이 더욱 향상됩니다. 예를 들어, 레이저 처리된 WZ8 전극은 표면 경도가 최대 HV 550 이고 오염 저항성이 15% 증가합니다.

이러한 신소재와 기술의 적용은 지르코늄 텅스텐 전극의 개발을 더 높은 성능, 더 낮은 비용 및 보다 환경 친화적인 방향으로 촉진하여 항공 우주, 원자력 산업 및 기타 분야의 까다로운 요구 사항을 충족할 것입니다.

11.2 지르코늄 텅스텐 전극의 성능 최적화 방향

지르코늄 텅스텐 전극의 성능 최적화는 아크 안정성, 점화 성능, 연소 손실 저항, 오염 저항 및 고온 안정성에 중점을 둔 미래 개발의 핵심입니다.

아크 안정성

최적화 방향: 나노 규모의 지르코니아 도핑 및 복합 도핑을 통해 전자 탈출 작업(2.7-3.0eV 에서 2.5-2.7eV 로)을 줄이고, 아크 농도를 개선하고, 드리프트 속도(목표 <2%)를 줄입니다.

기술 경로:

조음과 분산과 같은 고균일성 혼합 기술은 균일한 지르코니아 분포를 보장하고 아크 불안정 영역을 줄이는 데 사용됩니다.

팁 형상 설계(예: 팁 각도 45°-60°, 곡률 반경 0.1-0.2mm)를 최적화하여 아크 초점 가능성을 개선합니다.

AI 지원 아크 분석을 도입하여 아크 모양을 실시간으로 모니터링하여 도핑 비율과 공정 매개변수를 최적화했습니다(고속 촬영, > 1000fps).

응용 목적: 두꺼운 알루미늄 및 마그네슘 합금의 용접 요구 사항을 충족하기 위해 고전류(400-600A) AC 용접에서 지르코늄 텅스텐 전극의 안정성을 향상시킵니다.

점화 성능

최적화 방향: 점화 전압(목표<40V)을 낮추고 점화 성공률(>99.5%)을 높여 고주파 자동 용접 장비에 적응합니다.

기술 경로:

나노 규모의 지르코니아는 전극 표면의 전자 방출 용량을 향상시키는 데 사용됩니다. 표면 연마 공정 ($R_a < 0.1 \mu\text{m}$) 은 표면 결함이 점화에 미치는 영향을 줄이기 위해 최적화되었습니다.

새로운 복합 도핑 전극(예: $\text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3$)을 개발하고 란탄 텅스텐 전극의 점화 이점을 결합합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

적용 목표: 자동화된 TIG 용접 생산 라인에서 지르코늄 텅스텐 전극의 효율을 향상시키고 점화 실패율을 줄입니다.

화상 손상에 대한 저항성

최적화 방향: 전극 수명 연장(목표: WZ8 수명>150 시간, WZ3>100 시간) 및 팁 소손률(<0.05mm/h)을 줄입니다.

기술 경로:

마이크로파 소결 또는 플라즈마 소결 기술을 사용하여 입자 크기(5-10 μ m)를 최적화하고 밀도(이론적 밀도 > 98%)를 높였습니다.

나노 스케일 세라믹 코팅(예: 지르코니아 또는 알루미늄)을 도입하여 팁의 고온 저항(> 3000°C)을 향상시킵니다.

냉각 시스템(예: 수냉식 척)을 최적화하여 전극 팁 온도를 낮춥니다.

적용 목표: 플라즈마 절단 및 스프레이에서 지르코늄 텅스텐 전극의 수명을 연장하고 생산 비용을 절감합니다.

오염 저항

최적화 방향: 산화물 함유(예: Al₂O₃, MgO) 또는 부식성 가스 환경에서 전극의 방오 성능을 향상시키고 아크 안정성(>98%)을 유지합니다.

기술 경로:

표면 마감(Ra<0.1 μ m)을 개선하고 오염 물질 부착을 줄입니다.

화학적 안정성을 높이기 위해 오염 방지 코팅(예: 질화티타늄 또는 텅스텐 카바이드)을 개발합니다.

보호 가스(예: 아르곤 70% + 헬륨 30%)의 비율을 최적화하여 산화물 형성을 줄입니다.

응용 목적: 해양 공학 및 화학 산업과 같은 복잡한 환경에서 지르코늄 텅스텐 전극의 신뢰성을 향상시킵니다.

고온 안정성

최적화 방향: 고온 플라즈마 환경(>10,000°C)에서 전극의 안정성을 향상시키고 열 응력 및 미세 균열을 줄입니다.

기술 경로:

복합 매트릭스(예: 텅스텐-텅스텐 카바이드)는 열전도율(>100W/m·K) 및 열충격 저항을 향상시키는 데 사용됩니다.

열처리 공정(예: 진공 어닐링, 1200–1600°C)을 최적화하여 내부 응력을 제거합니다.

전극 설계를 최적화하고 고온 변형을 줄이기 위해 유한 요소 분석(FEA)이 도입되었습니다.

적용 목표: 항공 엔진 스프레이 및 원자력 산업 용접의 고온 요구 사항을 충족합니다.

이러한 최적화 방향은 미래의 산업 요구를 충족시키기 위해 고정밀, 고강도 응용 분야에서 지르코늄 텅스텐 전극의 경쟁력을 높일 것입니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

11.3 지능형 및 자동화 생산의 동향

지능적이고 자동화된 생산은 지르코늄 텅스텐 전극 제조의 미래 추세로, 생산 효율성, 제품 품질 및 일관성을 크게 향상시킵니다.

지능형 생산 시스템

산업용 사물 인터넷(IIoT): 센서 및 데이터 수집 시스템을 통해 생산 매개변수(예: 연삭 속도, 소결 온도, 인발 장력)를 실시간으로 모니터링하여 전체 공정의 디지털 관리를 달성합니다. 예를 들어, IIoT 시스템은 스크랩 비율을 <1%로 줄일 수 있습니다. 인공지능(AI) 최적화: 기계 학습 알고리즘은 SEM 이미지 및 아크 테스트 데이터를 분석하여 지르코니아 도핑 비율 및 소결 온도를 자동으로 조정하는 등 공정 매개변수를 최적화하는 데 사용되며 오차는 0.01%<±.

디지털 트윈 기술: 전극 생산 라인의 디지털 트윈 모델을 구축하여 원자재 가공, 압착, 소결 및 기타 공정을 시뮬레이션하여 품질 문제를 예측하고 생산 효율성을 최적화합니다(10%-20% 개선).

자동화된 생산 라인

자동 분쇄 및 혼합: 로봇 제어 유성 볼 밀과 V-믹서를 사용하여 연속 및 무인 작동을 달성하며 혼합 균일성> 99.5%입니다.

자동 프레스 및 성형: 냉간 등방성 프레스(CIP)에는 자동 로딩 및 언로딩 시스템이 장착되어 있어 단일 프레스에서 여러 빌렛(> 100 개/배치)을 프레스하여 생산 효율성을 30% 높입니다.

자동화된 가공 및 검사: CNC 드로잉 머신 및 레이저 절단기는 정밀 가공(공차 ± 0.02mm)을 달성하고 인라인 검사 장비(예: XRF, 레이저 거리 측정기)를 통합하여 수동 개입을 줄입니다.

장점과 과제

이점: 생산 효율성 향상(>30%), 인건비 절감(>20%) 및 일관된 품질(공차 <± 0.02mm).

과제: 높은 초기 투자(지능형 장비의 경우 약 100-5 백만 달러)와 전문 기술 인력 교육.

솔루션: 모듈식 설계 및 클라우드 기술을 통해 장비 비용을 절감하고 온라인 교육 플랫폼을 통해 직원의 기술을 향상시킵니다.

지능적이고 자동화된 생산 추세는 대규모 산업화의 요구를 충족시키기 위해 효율성, 정밀도 및 저비용 방향으로 지르코늄 텅스텐 전극 제조의 발전을 촉진할 것입니다.

11.4 녹색 제조 및 지속 가능한 개발

녹색 제조와 지속 가능한 개발은 EU REACH 및 중국 환경 보호법과 같은 글로벌 환경 규정에 의해 주도되는 지르코늄 텅스텐 전극 산업의 중요한 발전 방향입니다.

친환경 생산 기술

저에너지 소결: 마이크로파 소결 또는 플라즈마 소결 기술을 사용하여 에너지 소비를 30%-40% 줄이고 탄소 배출량을 줄입니다. 예를 들어, 마이크로파 소결 오븐은 기존 진공 소결로 에너지의 약 60%를 소비합니다.

폐기물 재활용: 텅스텐 분말 및 지르코니아의 재활용 기술을 개발하여 생산 공정에서

저작권 및 법적 책임 선언문

폐기물(예: 분쇄 먼지, 절단 폐기물)의 회수율을 >90%로 높입니다. 예를 들어, 중국 텅스텐 하이테크는 텅스텐 분말 회수율 95%를 달성했습니다.

오염 없는 공정: 드로잉 및 연마 중 오염을 줄이기 위해 기존 흑연 윤활제 대신 환경 친화적인 윤활제(예: 수성 윤활제)를 사용합니다.

친환경 소재

비방사성 전극: 지르코늄 텅스텐 전극의 비방사성 특성은 토륨 텅스텐 전극(WT20)의 이상적인 대안이며 REACH 규정을 준수합니다. 향후 표준에서는 토륨 텅스텐 전극의 사용을 완전히 금지할 수 있습니다.

분해성 포장: 기존 플라스틱 포장을 바이오 기반 플라스틱과 같은 생분해성 소재로 대체하면 환경 오염이 줄어듭니다.

저불순물 재료: 원료 정제 공정을 최적화하여 불순물 함량(<0.003%)을 줄이고 생산 공정에서 배기가스 배출을 줄입니다.

지속 가능한 공급망

녹색 공급망 관리: 텅스텐 광석 및 지르코니아 공급업체와 협력하여 ISO 14001 인증을 준수하는 공급업체를 우선시하여 원자재 추출 및 가공의 환경 친화성을 보장합니다.

순환 경제 모델: 전극 재활용 시스템을 구축하고, 사용한 지르코늄 텅스텐 전극을 수거하고, 텅스텐과 지르코니아를 추출하여 재사용하고, 자원 낭비를 줄입니다.

정책 및 시장 주도

규제 촉진: 중국의 탄소 피크 및 탄소 중립 목표와 유럽 연합의 그린 뉴딜은 제조에 에너지 소비와 배출을 줄여야 하며 지르코늄 텅스텐 전극 생산은 이러한 규정을 준수해야 합니다.

시장 인센티브: 녹색 인증(예: ISO 14001, 녹색 제조 인증)은 기업의 경쟁력을 강화하고 고급 고객(예: 항공우주 기업)을 유치할 수 있습니다.

녹색 제조와 지속 가능한 개발의 구현은 지르코늄 텅스텐 전극 산업의 환경 이미지를 향상시키고 글로벌 시장에서 장기적인 경쟁력을 촉진할 것입니다.

11.5 신흥 분야에서 지르코늄 텅스텐 전극의 잠재력

지르코늄 텅스텐 전극은 신에너지, 적층 제조, 우주 탐사 및 의료 기술 개발에 힘입어 신흥 분야에 응용할 수 있는 큰 잠재력을 가지고 있습니다.

신에너지 산업

풍력 및 태양광: 풍력 터빈 및 태양광 장비의 제조에는 알루미늄 합금과 스테인리스강을 용접하는 작업이 포함되며, 아크 안정성과 오염에 대한 저항성으로 인해 지르코늄 텅스텐 전극(WZ8)이 선호됩니다. 예를 들어, WZ8 전극은 Siemens 풍력 터빈 블레이드 제조의 TIG 용접에 사용됩니다.

수소 에너지 장비: 수소 저장 탱크 및 연료 전지의 제조에는 고품질 용접이 필요하며 스테인리스강 및 니켈 합금 용접에서 지르코늄 텅스텐 전극의 우수한 성능은 이러한 요구를 충족시킵니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

잠재력: 전 세계 재생 에너지 용량이 증가함에 따라(2030년까지 5,000GW 달성 예상) 지르코늄 텅스텐 전극에 대한 수요는 20%-30% 증가할 것입니다.

적층 제조(3D 프린팅)

응용 분야: 지르코늄 텅스텐 전극은 적층 제조의 플라즈마 아크 증착(PAD)에 사용하여 고정밀 텅스텐 기반 복합 부품을 만들 수 있습니다. 예를 들어, GE Aviation은 플라즈마 아크 증착을 사용하여 터빈 블레이드를 제조하고 지르코늄 텅스텐 전극은 안정적인 플라즈마 아크를 제공합니다.

잠재력: 적층 제조 시장의 급속한 성장(CAGR >20%)은 고정밀 제조에 지르코늄 텅스텐 전극의 적용을 촉진할 것입니다.

우주 탐사

응용 분야: 지르코늄 텅스텐 전극은 우주선 및 로켓의 경량 재료(예: 알루미늄 합금, 마그네슘 합금)를 용접하고 고온 내성 코팅을 위한 플라즈마 스프레이에 사용됩니다. 예를 들어, SpaceX의 Starship 로켓은 TIG 용접용 WZ8 전극으로 제작되었습니다.

잠재력: 상업용 항공우주(예: SpaceX, Blue Origin)의 발전으로 고신뢰성 용접에서 지르코늄 텅스텐 전극에 대한 수요는 계속 증가할 것입니다.

의료 기술

응용 분야: 지르코늄 텅스텐 전극은 티타늄 골격 임플란트와 같은 의료용 임플란트의 TIG 용접 및 생체 적합성 코팅(예: 하이드록시아파타이트)의 플라즈마 스프레이에 사용됩니다. 오염 방지 기능은 용접이 무독성이며 결함이 없음을 보장합니다.

잠재력: 전 세계 의료용 임플란트 시장은 2030년까지 1,500억 달러에 이를 것으로 예상되며, 고정밀 의료 제조에 지르코늄 텅스텐 전극의 적용이 크게 증가할 것입니다.

기타 신흥 분야

마이크로일렉트로닉스 제조: 지르코늄 텅스텐 전극은 반도체 장치 및 전자 부품을 만들기 위한 마이크로 TIG 납땜에 사용할 수 있습니다.

해양 공학: 지르코늄 텅스텐 전극은 알루미늄 합금 잠수함 쉘과 같은 심해 장비 용접에 내식성 이점을 제공합니다.

핵융합 연구: 지르코늄 텅스텐 전극은 ITER과 같은 핵융합 장치의 플라즈마 분사 및 용접에 잠재적인 응용 분야를 가지고 있어 고온 및 높은 방사선 요구 사항을 충족합니다.

이러한 신흥 분야의 급속한 발전은 지르코늄 텅스텐 전극에 대한 광범위한 시장 공간을 제공하여 기술 혁신과 응용 확장을 주도할 것입니다.



12 장 지르코늄 텅스텐 전극의 재활용 및 재활용

텅스텐 불활성 가스 차폐 용접(TIG 용접), 플라즈마 절단 및 플라즈마 스프레이의 핵심 재료인 지르코늄 텅스텐 전극은 높은 용점, 우수한 아크 안정성 및 연소 저항으로 인해 항공 우주, 자동차 제조, 원자력 산업 및 기타 분야에서 널리 사용됩니다. 그러나 지르코늄 텅스텐 전극의 생산은 희소한 자원과 높은 채굴 비용인 희귀 금속 텅스텐과 지르코늄에 의존하고 있으며 재활용 및 재활용은 지속 가능한 개발을 달성하는 중요한 방법이 되었습니다. 이 장에서는 지르코늄 텅스텐 전극의 재활용 공정, 재활용의 경제적 가치, 재활용 공정의 오염 제어 및 환경 보호 규정, 국내외 재활용 현황 및 발전 동향에 대해 자세히 논의하여 업계의 녹색 제조 및 순환 경제에 대한 참고 자료를 제공합니다.

12.1 스크랩 전극의 재활용 공정

스크랩 된 지르코늄 텅스텐 전극은 주로 사용 후 마모되는 전극에서 생산, 절단 폐기물, 결함 제품 및 스크랩 재료에서 발생합니다. 재활용 공정은 수집, 분류, 분해, 정제 및 재처리를 포함하여 텅스텐과 지르코니아(ZrO_2)를 분리, 정제 및 재사용하는 것을 목표로 합니다.

수집 및 정렬

수집: 수명이 다한 전극은 재활용 네트워크를 통해 용접 공장, 절단 공장 및 제조

저작권 및 법적 책임 선언문

업체에서 수집되며, 종종 스크랩 쓰레기통이나 특수 용기에 담아 재활용 센터로 운송됩니다.

분류: 전극 유형(예: WZ3, WZ8)에 따라 분류하고 비지르코늄 텅스텐 전극(예: 톨륨 텅스텐, 세륨 텅스텐) 및 비금속 불순물(예: 용접 슬래그, 기름 얼룩)을 제거합니다. 일반적으로 사용되는 장비는 다음과 같습니다.

자기 분리기: 강자성 불순물(예: Fe 함량<0.005%)을 제거합니다.

진동 스크린: 다양한 크기의 전극 조각을 분리합니다(체 구멍 10-50mm).

수동 분류: 복잡한 폐기물의 경우 분류의 정확성을 보장하기 위해 수동 검사를 사용합니다.

요구 사항: 분류 후 지르코늄 텅스텐 전극의 순도는 >95%이고 불순물 함량은 <1%입니다.

분쇄 및 분쇄

기계적 분쇄: 스크랩 전극은 조 크러셔 또는 해머 크러셔를 사용하여 작은 입자(입자 크기 1-10mm)로 분쇄됩니다. 장비 특징:

출력: 50-100kW, 처리 0.5-2t/h.

방진 설계: 진공 흡입 시스템을 갖추고 있어 먼지 배출을 10mg/m^3 이하로 제어합니다.

화학적 분해: 표면 오염이 심한 전극(예: 산화물 또는 오일)의 경우 산세척(질산 또는 불산 용액, 농도 5%-10%)을 사용하여 표면 불순물을 제거합니다.

결과: 분쇄된 입자는 후속 정제에 적합했으며 표면 오염 물질의 제거율은 99% 이상입니다.

정화

습식 제련: 화학적 용해 및 침전에 의한 텅스텐과 지르코니아의 분리.

텅스텐 추출: 암모니아(NH_4OH , 농도 10%-20%)를 사용하여 분쇄된 입자를 용해시켜 텅스텐산암모늄 용액을 형성하고, 이를 결정화하고 소성하여 고순도 텅스텐 분말(순도 >99.9%)을 얻습니다.

지르코니아 추출: 황산(H_2SO_4 , 농도 10%-15%)을 사용하여 지르코늄 화합물을 용해시키고, 암모니아수를 첨가하여 $\text{Zr}(\text{OH})_4$ 침전물을 형성하고, 소성 후 지르코니아 분말(순도 >99.5%)을 얻습니다.

항소 제금: 염소 처리(염소 가스 유량 10-20 L/min)는 고온(800-1000°C)에서 텅스텐과 지르코늄을 휘발성 염화물로 전환한 다음 증류로 분리하는 데 사용됩니다.

결과: 텅스텐의 회수율은 >90%, 지르코니아의 회수율은 >85%, 불순물 함량은 0.005% 이하입니다.

재처리

정제된 텅스텐 분말과 지르코니아 분말은 분쇄, 혼합, 압착 및 소결 공정을 통해 지르코늄 텅스텐 전극 블랭크로 재구성됩니다(8 장 참조). 주요 매개변수:

분쇄: 유성 볼 밀을 사용하여 $3-5\mu\text{m}$ (텅스텐) 및 $0.1-0.5\mu\text{m}$ (지르코니아)로 정제합니다.

혼합: 99.5% 균일성이 >V-믹서.

저작권 및 법적 책임 선언문

프레스: 냉간 등방성 프레스, 압력 100–200 MPa, 빌렛 밀도 60%–70%.

소결: 진공 소결로, 온도 1800–2200°C, 밀도 >98% 이론 밀도.

프로세스 이점:

높은 회수율: 텅스텐과 지르코니아의 결합 회수율은 85%–95%에 도달할 수 있습니다.

고순도: 재활용 재료는 ISO 6848 및 GB/T 4187 표준(텅스텐 순도>99.5%, 불순물<0.005%)을 충족합니다.

비용 효율성: 회수 공정 비용은 버진 텅스텐 생산 비용의 약 50%-60%입니다.

프로세스 과제:

복잡한 폐기물의 분류는 어렵고 자동 분류 기술을 최적화해야 합니다.

화학적 정제 과정에서 산성 폐액이 생성될 수 있으며, 이는 환경 보호를 위해 엄격하게 통제되어야 합니다.

12.2 지르코늄 텅스텐 재료의 재활용 및 경제적 가치

지르코늄 텅스텐 전극의 재활용은 자원 낭비를 줄일 뿐만 아니라 상당한 경제적 가치를 가지고 있습니다. 희귀금속인 텅스텐은 전 세계 매장량이 제한적이며(약 350 만 톤, 2023 년 데이터) 지르코늄 자원도 부족하며 재활용을 통해 자원 압박을 효과적으로 완화할 수 있습니다.

재활용 경로

직접 재사용: 경미하게 마모된 지르코늄 텅스텐 전극(길이 > 50mm, 표면 오염 없음)은 텅(각도 45°–60°)을 청소하고 재연마하여 수요가 적은 용접 작업에 직접 사용할 수 있습니다.

분말 재처리: 정제 된 텅스텐 분말 및 지르코니아 분말은 WZ3 (0.15 % –0.4 % ZrO₂) 및 WZ8 (0.7 % –0.9 % ZrO₂) 등급의 지르코늄 텅스텐 전극 생산에 재사용할 수 있습니다.

다른 용도: 재활용 텅스텐 분말은 초경합금(예: WC-Co), 텅스텐강 또는 텅스텐 매트릭스 복합재를 생산하는 데 사용할 수 있습니다. 지르코니아는 세라믹 코팅이나 내화물에 사용할 수 있습니다.

경제적 가치

비용 절감: 텅스텐 분말 재활용 비용은 버진 텅스텐 분말의 약 50 %이고 지르코니아 재활용 비용은 버진 지르코니아의 약 60 %입니다.

자원 효율성: 지르코늄 텅스텐 전극 1 톤을 회수할 때마다 약 0.9 톤의 텅스텐 광석과 0.05 톤의 지르코늄 광석 채굴을 줄여 채굴 비용을 절감할 수 있습니다.

시장 규모: 전 세계 텅스텐 재활용 시장은 2025 년까지 20 억 달러에 이를 것으로 예상되며 연간 성장률은 약 7%입니다. 지르코늄 텅스텐 전극 재활용은 하위 부문으로서 시장 점유율의 10%-15%를 차지할 것으로 예상됩니다.

기술 지원

효율적인 정제: 습식 제련 및 건식 야금 기술의 발전으로 회수 효율이 향상되어 텅스텐 회수율이 80%에서 90% 이상으로 증가했습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

순환 경제 모델: 폐쇄 루프 재활용 시스템을 구축하여 수거부터 재처리까지 완전한 산업 체인을 형성하여 자원 낭비를 줄입니다.

과제 및 솔루션

과제: 재활용 재료는 순수 재료보다 순도가 낮아 고급 전극 성능에 영향을 미칠 수 있습니다.

솔루션: 다단계 정제(예: 이온 교환 + 증류)는 회수된 재료 > 99.9%의 순도를 보장하여 항공우주와 같은 까다로운 응용 분야를 충족합니다.

재활용의 경제적 가치는 지르코늄 텅스텐 전극 재활용 산업의 발전을 촉진하여 기업에 상당한 비용 및 자원 이점을 창출했습니다.

12.3 재활용 과정의 오염 제어 및 환경 보호 사양

지르코늄 텅스텐 전극 재활용에는 폐액, 배기 가스 및 먼지가 발생할 수 있는 화학 처리 및 고온 처리가 포함되며 환경 보호 규정(예: ISO 14001, EU REACH, 중국 환경 보호법)을 엄격히 준수합니다.

오염의 종류 및 통제 조치

폐액: 습식 제련의 산성 폐액(예: 질산, 불산)에는 중금속 이온이 포함될 수 있습니다.

통제 조치:

중화 처리: 수산화나트륨(NaOH)은 6.5-8.5 로 제어된 pH 에서 폐액을 중화하는 데 사용됩니다.

침전 회수: 중금속은 응집제(예: 폴리염화알루미늄)를 첨가하여 침전되며 회수율은 > 95%입니다.

재활용: 처리된 폐액은 세척 공정을 위해 재활용할 수 있어 배출량을 줄일 수 있습니다.

배기 가스: 건식 야금의 염소(Cl_2) 또는 암모니아(NH_3)가 누출되어 환경과 건강을 위협할 수 있습니다.

통제 조치:

배기가스 흡수: 활성탄 또는 잿물(NaOH 용액)을 사용하여 배기가스를 흡수하며 배출 농도는 $0.1\text{mg}/\text{m}^3 <$.

폐쇄형 시스템: 가스 누출을 방지하기 위해 음압 배기 장치가 장착되어 있습니다.

먼지: 분쇄 및 분쇄 중에 발생하는 텅스텐 및 지르코니아 먼지는 공기를 오염시킬 수 있습니다.

통제 조치:

효율적인 먼지 제거: 백하우스 또는 전기 집진기를 사용하여 $10\text{mg}/\text{m}^3 <$ 먼지 배출.

습식 작동: 분쇄 및 분쇄 중에 물 미스트를 추가하여 먼지가 날아가는 것을 줄입니다.

환경 보호 규범

국제 규범:

저작권 및 법적 책임 선언문

ISO 14001: 재활용 회사가 환경 관리 시스템을 구축하고 배출 및 폐기물 처리 프로세스를 정기적으로 감사하도록 요구합니다.

REACH: 유럽 연합은 재활용 과정에서 유해 물질(예: 6 가 크롬)을 사용하거나 배출하지 않도록 요구하며 지르코늄 텅스텐 전극은 MSDS(물질안전보건자료)를 제공해야 합니다.

국내 사양:

환경 보호법: 재활용 기업의 폐기물 배출은 종합 하수 배출 표준(GB 8978-1996)을 준수해야 하며 중금속 농도는 0.1mg/L 이하입니다.

고형폐기물에 의한 환경오염 예방 및 통제에 관한 법률: 2 차 오염을 방지하기 위해 재활용 과정에서 고형 폐기물(예: 침전 슬래그)을 적절하게 처리하도록 요구합니다.

인증 요건: 재활용 기업은 시장 경쟁력을 강화하기 위해 녹색 제조 인증 또는 순환 경제 인증을 획득해야 합니다.

기술 지원

친환경 정화 기술: 이온 교환 및 멤브레인 분리 기술을 사용하여 폐액 발생량($<0.5\text{m}^3/\text{톤}$)을 줄입니다.

폐열 회수: 고온 배기가스 열을 회수하고 에너지 소비를 20%-30% 줄이기 위해 건식 야금에 폐열 보일러를 설치합니다.

자동 모니터링: 온라인 모니터링 시스템(예: COD 분석기, 가스 감지기)을 사용하여 배출량을 실시간으로 모니터링하여 환경 표준 준수를 보장합니다.

엄격한 오염 통제 및 환경 보호 규정을 통해 지르코늄 텅스텐 전극 재활용은 녹색 생산을 달성하고 전 세계적으로 지속 가능한 개발 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

12.4 국내외 지르코늄 텅스텐 재활용의 현황 및 발전 동향

지르코늄 텅스텐 전극 재활용 산업은 자원 부족, 환경 규제 및 경제적 이익에 힘입어 급속한 글로벌 추세를 목격하고 있습니다. 다음은 국내외 현황과 발전 추세를 분석합니다.

국내 상태

재활용 규모: 중국은 세계 최대의 텅스텐 생산국(전 세계 생산량의 80% 이상, 2023 년 약 60,000 톤)이며 지르코늄 텅스텐 전극 재활용 시장의 연간 처리량은 약 500-1,000 톤으로 텅스텐 재활용 시장의 10%-15%를 차지합니다.

기술 수준: 습식 제련 및 건식 야금 기술은 85%-90%의 회수율로 성숙하지만 나노 규모의 지르코니아 회수 기술은 여전히 돌파해야 합니다.

정책 지원: "중국화 2025"와 "순환 경제 발전 전략"은 텅스텐 자원 재활용을 장려하고 일부 지역(예: 강시성 간저우)에서는 세금 인센티브 및 보조금을 제공합니다.

과제: 재활용 네트워크가 완벽하지 않으며 중소 규모 용접 기업에는 체계적인 폐전극 수집 메커니즘이 부족합니다. 환경 보호 처리 비용이 높습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD

Zirconium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Zirconium Tungsten Electrode

Zirconium tungsten electrode is a non-radioactive welding electrode made by doping a small amount of zirconium oxide (ZrO_2) into a high-purity tungsten base. It is specifically optimized for AC TIG (Tungsten Inert Gas) welding. Its excellent arc stability and outstanding resistance to contamination make it the preferred choice for welding aluminum, magnesium, and their alloys.

2. Types of Zirconium Tungsten Electrode

Grade	Tip Color	ZrO ₂ Content (wt.%)	Characteristics & Applications
WZ3	Brown	0.2–0.4	Ideal for low to medium intensity AC welding; cost-effective
WZ38	White	0.7–0.9	Industry-standard grade with excellent overall performance

3. Standard Sizes & Packaging of Zirconium Tungsten Electrode

Diameter (mm)	Length (mm)	Regular Coloring	Packing:
1.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10 pcs/box
1.6	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.4	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
3.2	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
4.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
Remark	The sizes can be customized		

4. Applications of Zirconium Tungsten Electrode

- Welding of aluminum and aluminum alloys: such as doors, windows, frames, and automotive body structures
- Welding of magnesium and magnesium alloys: widely used in aerospace lightweight components
- AC welding of stainless steel (under specific low-current conditions)
- Precision welding in aerospace, rail transit, pressure vessels, etc.
- Used in automated welding systems and robotic torch assemblies

5. Procurement Information

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

국제 상태

재활용 규모: 전 세계 텅스텐 재활용 시장은 연간 처리 능력이 약 15-20,000 톤이며 지르코늄 텅스텐 전극 회수는 약 10%를 차지하며 주로 유럽(오스트리아, 독일)과 북미에 집중되어 있습니다.

기술 수준: 유럽과 미국 국가는 자동 분류 및 녹색 정화 기술을 선도하고 있습니다.

정책 중심: EU 의 순환 경제 행동 계획과 미국 자원 보존 및 회수법은 텅스텐 회수율을 높이고 1 차 광물 채굴을 줄일 것을 요구합니다.

과제: 높은 재활용 비용과 소규모 재활용 기업의 경쟁력 부족.

개발 동향

기술 발전:

효율적인 분류: AI 시각 인식 및 로봇 분류 기술을 사용하여 폐전극 분류 효율(>95%)을 향상시킵니다.

녹색 정제: 폐액 배출(<0.2m³/톤)을 줄이기 위한 무산성 습식 제련 기술(예: 생물야금)의 개발.

나노 규모 재활용: WZ8 과 같은 고급 전극의 생산 요구 사항을 충족하기 위해 나노 규모의 지르코니아 회수 기술을 개발합니다.

시장 확장:

신흥 부문: 신에너지원(풍력, 수소), 적층 제조, 우주 탐사의 급속한 발전으로 지르코늄 텅스텐 전극에 대한 수요가 증가하여 재활용 시장의 성장이 촉진될 것입니다(2030 년까지 30 억 달러에 이를 것으로 예상).

글로벌 협력: 폐 전극의 국경 간 운송 및 폐기를 용이하게 하기 위해 국제 재활용 네트워크를 구축합니다.

정책 지원:

탄소 중립 목표: 중국의 "2060 탄소 중립"과 EU 의 "2050 순 제로 배출" 목표는 녹색 재활용 기술의 대중화를 촉진할 것입니다.

표준 공식: 재활용 공정 및 품질 요구 사항을 표준화하기 위해 전 세계적으로 통합된 텅스텐 전극 재활용 표준(예: ISO 확장 표준)을 공식화합니다.

순환 경제 모델:

텅스텐 및 지르코늄 자원의 수명 주기를 연장하기 위해 "생산-사용-재활용-재생산"의 폐쇄 루프 시스템을 구축합니다.

재활용 비용을 줄이기 위해 사용자가 사용한 전극을 제조업체에 반환하는 "전극 대여" 모델을 홍보합니다.

지르코늄 텅스텐 전극 재활용 산업의 지속적인 발전은 자원 재활용을 촉진하고 환경에 미치는 영향을 줄이며 업계에 상당한 경제적 이익을 창출할 것입니다.



부록

A. 용어집

지르코늄 텅스텐 전극: TIG 용접 및 플라즈마 절단을 위해 지르코니아가 도핑된 텅스텐 기반 전극.

등급: WZ3 및 WZ8 과 같이 지르코늄 함량 및 성능에 따라 구분된 전극 모델.

아크 안정성: 용접 중에 안정적인 아크를 유지하는 전극의 능력.

점화 성능: 전극이 아크를 시작하는 것이 얼마나 쉬운지.

소결: 고온을 통해 분말 입자를 밀도가 높은 재료로 결합하는 과정입니다.

도핑: 성능을 향상시키기 위해 텅스텐 매트릭스에 산화 지르코늄을 첨가하는 공정입니다.

TIG 용접(텅스텐 불활성 가스 용접): 불활성 가스 보호를 사용하는 텅스텐 아크 용접.

플라즈마 절단: 고온 플라즈마 아크를 사용하여 금속을 절단하는 공정입니다.

미세 구조: 현미경으로 관찰된 전극 재료의 입자 및 상 구조.

연소 저항: 고온 아크 하에서 손실에 저항하는 전극의 능력.

ISO 6848 : 텅스텐 전극의 분류 및 요구 사항에 대한 국제 표준화 기구 표준.

AWS A5.12 : 미국 용접 협회의 텅스텐 전극에 대한 사양 표준.

B. 참고문헌

[1] ISO 6848 : 2015, 아크 용접 및 절단 - 비소모성 텅스텐 전극 - 분류.

저작권 및 법적 책임 선언문

- [2] AWS A5.12/A5.12M:2009, 아크 용접 및 절단용 텅스텐 및 산화물 분산 텅스텐 전극 사양.
- [3] Miller, JR, "TIG 용접용 텅스텐 전극: 특성 및 응용 분야", Welding Journal, 2018.
- [4] Zhang, L., "지르코늄 텅스텐 전극 제조의 발전", 재료 과학 및 공학, 2020.
- [5] Wang, H., "고성능 용접을 위한 텅스텐 기반 전극 개발", 재료 가공 기술 저널, 2019.
- [6] Smith, DE, "항공우주 응용 분야를 위한 용접 기술 및 재료", 항공우주 제조, 2021.
- [7] Chen, Y., "텅스텐 전극 생산의 녹색 제조", 청정 생산 저널, 2023.
- [8] GB/T 4187-2017, 텅스텐 전극.
- [9] Smith, DE, "텅스텐 기반 재료에 대한 분말 야금 기술", 고급 재료 가공, 2020.
- [10] Liu, J., "텅스텐 전극 생산의 지능형 제조", Journal of Manufacturing Systems, 2022.
- [11] YS/T 231-2016, 용접용 텅스텐 전극.
- [12] JB/T 4744-2007, 용접용 텅스텐 전극.
- [13] 글로벌 재생에너지 전망, 국제에너지기구(IEA), 2023.
- [14] 시장 분석 보고서: 의료용 임플란트, 그랜드뷰 리서치, 2024.
- [15] 중국의 순환경제발전전략, 국가발전개혁위원회, 2021.