

텅스텐 합금 반지 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

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

CTIA 그룹 소개

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

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

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

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



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

CTIA GROUP LTD

High-Density Tungsten Alloy Customization Service

CTIA GROUP LTD, a customization expert in high-density tungsten alloy design and production with 30 years of experience.

Core advantages: 30 years of experience: deeply familiar with tungsten alloy production, mature technology.

Precision customization: support high density (17-19 g/cm³), special performance, complex structure, super large and very small parts design and production.

Quality cost: optimized design, optimal mold and processing mode, excellent cost performance.

Advanced capabilities: advanced production equipment, RMI, ISO 9001 certification.

100,000+ customers

Widely involved, covering aerospace, military industry, medical equipment, energy industry, sports and entertainment and other fields.

Service commitment

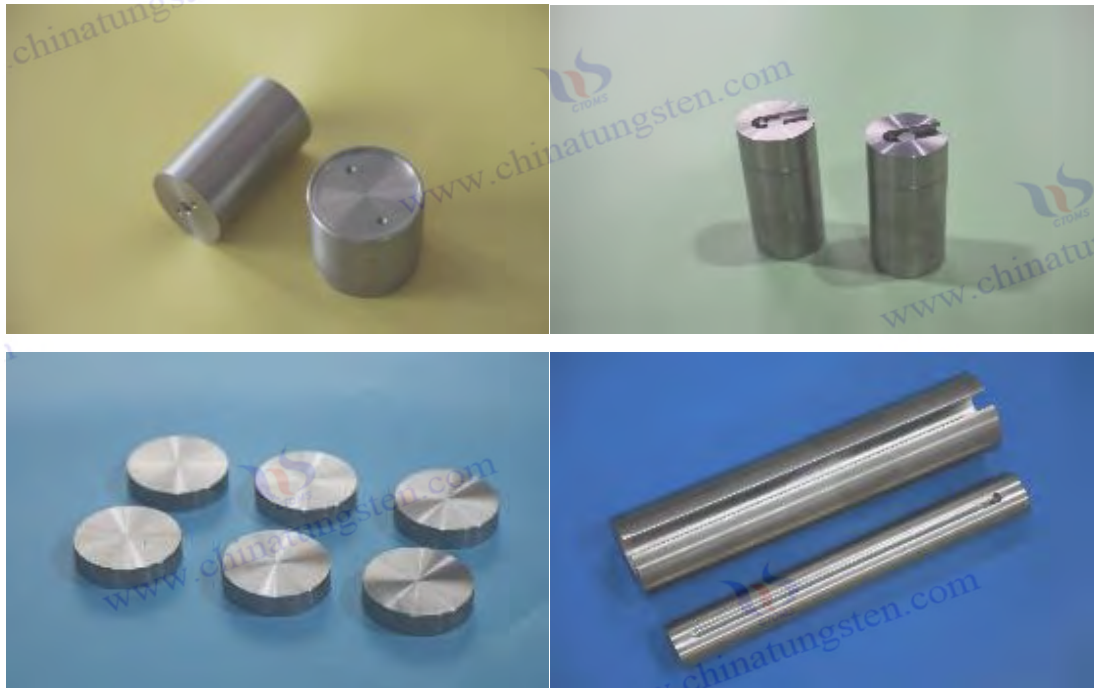
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: sales@chinatungsten.com

Tel: +86 592 5129696

Official website: www.tungsten-alloy.com



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

목차

1 장: 텅스텐 합금 링 개요

- 1.1 텅스텐 합금 링의 정의 및 개발 역사
- 1.2 텅스텐 합금 링의 분류 및 주요 특성
- 1.3 텅스텐 합금 링의 응용 분야 개요

2 장: 텅스텐 합금 링의 재료 기초 및 특성

- 2.1 텅스텐 합금 링의 화학적 조성 및 미세 구조
- 2.2 텅스텐 합금 링의 물리적 특성
- 2.3 텅스텐 합금 링의 기계적 특성
- 2.4 텅스텐 합금 링의 내식성 및 고온 저항성

제 3 장: 텅스텐 합금 링의 제조 기술

- 3.1 텅스텐 합금 링 원료의 제조 및 분말 야금 기초
- 3.2 텅스텐 합금 링의 성형 기술(성형, 등방성형 등)
- 3.3 텅스텐 합금 링의 소결 기술
- 3.4 텅스텐 합금 링의 정밀 가공
- 3.5 텅스텐 합금 링의 표면처리 및 성능향상 기술

제 4 장: 텅스텐 합금 링의 품질 검사 및 특성화 방법

- 4.1 텅스텐 합금 링의 치수 및 기하학적 정확도 검사
- 4.2 텅스텐 합금 링의 조성 분석 방법
- 4.3 텅스텐 합금 링의 기계적 특성 테스트
- 4.4 텅스텐 합금 링의 미세구조 및 결함 검출

제 5 장 텅스텐 합금 링의 응용 기술 및 사례

- 5.1 항공우주 분야에서 텅스텐 합금 링의 적용
- 5.2 에너지 및 핵 산업에서의 텅스텐 합금 링의 적용
- 5.3 기계 제조 및 군수 장비에서의 텅스텐 합금 링의 적용
- 5.4 전자 및 의료 기기에 대한 텅스텐 합금 링의 적용

제 6 장: 텅스텐 합금 링에 대한 국제 표준 및 산업 사양

- 6.1 텅스텐 합금 링에 대한 주요 국제 표준
- 6.2 텅스텐 합금 링에 대한 국내 표준 및 시험 규격
- 6.3 CTIA GROUP 에서 제작한 텅스텐 합금 링의 품질 기준

제 7 장: 텅스텐 합금 링의 시장 및 경제 분석

- 7.1 텅스텐 합금 링의 글로벌 시장 구조
- 7.2 텅스텐 합금 링의 주요 생산국 및 공급망 분석
- 7.3 텅스텐 합금 링의 가격 추세 및 비용 구조

제 8 장: 텅스텐 합금 링의 미래 개발 동향

- 8.1 텅스텐 합금 링용 신소재 및 합금 시스템
- 8.2 텅스텐 합금 링용 첨단 제조 기술(적층 제조 등)
- 8.3 텅스텐 합금 링의 재활용 및 재사용 기술
- 8.4 최첨단 기술에서의 텅스텐 합금 링의 잠재적 응용 분야

총수

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

- 부록 1: 텅스텐 합금 링의 일반적인 물리적 및 화학적 데이터
부록 2: 텅스텐 합금 링에 대한 국제 표준 비교표
부록 3: 텅스텐 합금 링에 대한 용어 및 영어 약어의 용어집



제 1 장 텅스텐 합금 링 개요

1.1 텅스텐 합금 링의 정의 및 개발 역사

1. 텅스텐 합금 링의 정의

텅스텐 합금 링은 주로 텅스텐(W)으로 구성되고, 니켈(Ni), 철(Fe), 구리(Cu) 및 기타 금속 원소를 분말 야금, 진공 소결, 열간 등압 성형 등의 공정을 통해 첨가한 환형 구조 부품입니다. 텅스텐 합금 링은 일반적으로 질량 기준으로 **85%에서 98%의 텅스텐을 함유하여** 매우 높은 밀도(16.5~19.3 g/cm³), 뛰어난 내식성, 고온 내성, 그리고 우수한 가공성을 제공합니다.

순수 텅스텐과 비교했을 때, 텅스텐 합금 링은 합금화를 통해 더 높은 인성과 충격 저항성을 가지고 있습니다. 전통적인 강철 소재와 비교했을 때 밀도가 거의 두 배나 높아서 고밀도 균형추, 정밀 기계 저울, 고속 회전 관성 부품, 항공우주 관성 제어 시스템 및 기타 분야에서 대체할 수 없는 장점을 가지고 있습니다.

또한, 텅스텐 합금 링은 다양한 적용 환경에 따라 다음과 같은 유형으로 구분할 수 있습니다.

1. **중량 텅스텐 합금 링 (W-Ni-Fe/W-Ni-Cu):** 상대중량, 진동 감소, 관성 제어에 사용됩니다.
2. **고온 내구성 텅스텐 합금 링 (W-Re 시리즈, W-HfC 시리즈):** 항공우주 엔진 및 원자로와 같은 극한 환경에서 사용됩니다.
3. **내식성 텅스텐 합금 링 (W-Cu 시스템):** 화학 장비 밀봉, 심해 탐사 장비 및 기타 분야에 사용됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2. 텅스텐 합금 링의 기원 및 초기 개발

세기 초까지 거슬러 올라가지만, 환형 텅스텐 합금 구조 부품은 1940 년대와 1950 년대 에 이르러서야 본격적으로 등장했습니다. 이는 주로 제 2 차 세계 대전과 냉전 초기를 중심으로 군사 및 항공 산업이 급속도로 발전하면서 고밀도, 고온 내성 금속 소재에 대한 수요가 급증했기 때문입니다.

- 1940 년대~1950 년대 : 유럽과 미국 국가들은 처음으로 고밀도 텅스텐 합금을 포병 총구 제동기, 회전 플라이휠, 밸런스 링에 사용하여 납과 강철을 대체했습니다.
- 1960 년대: NASA 와 소련 우주국은 로켓 엔진과 위성 자세 제어 시스템에 텅스텐 합금 링을 도입하여, 높은 밀도를 활용하여 자이로스코프와 관성 휠의 운동 에너지 저장 용량을 향상시켰습니다.
- 1970 년대~1980 년대 : 일본, 독일 등의 산업국가에서는 고속 회전 장비의 진동과 소음을 줄이기 위해 정밀 기계 스피들의 밸런싱 웨이트로 텅스텐 합금 링을 사용했습니다.

이 기간 동안 텅스텐 합금 링의 제조 공정은 여전히 비교적 원시적이었으며, 대부분 압축 성형 + 액상 소결 방식을 사용했습니다. 제품 성능은 분말 입자 크기와 소결 밀도에 의해 제한되었습니다.

3. 현대 텅스텐 합금 링의 개발 단계

말부터 21 세기 초까지 분말 야금기술, 나노소재기술, 진공소결, 열간등방압성형(HIP)장비의 성숙으로 텅스텐 합금 링은 급속한 발전단계에 들어섰습니다.

1. 높은 정제도 및 균질화

- o 텅스텐 분말의 순도는 99.8%에서 99.95% 이상으로 높아져 산소, 탄소, 질소 등의 불순물 함량을 효과적으로 줄이고 재료의 연성과 피로 수명을 크게 향상시켰습니다.
- o 분말 입자 크기를 1~3 μm 로 제어하여 소결 후 미세 구조를 보다 균일하고 조밀하게 만듭니다.

2. 복합 합금화

- o 고온 크립 특성과 내마모성을 개선하기 위해 희토류 원소(La, Ce, Y)와 강화상 (HfC, TiC) 을 도입했습니다.
- o 우리는 극한의 작업 조건의 요구 사항을 충족하기 위해 W-Ni-Fe-Co 및 W-Cu-Re 와 같은 다성분 합금 링을 개발했습니다.

3. 정밀 가공 및 표면 엔지니어링

- o CNC 선삭, 연삭 및 방전 가공(EDM) 을 사용하여 치수 허용 오차를 $\pm 0.01\text{mm}$ 이내로 제어할 수 있습니다.
- o PVD, CVD, 레이저 클래딩이 도입되어 내식성과 내마모성이 더욱 향상되었습니다.

4. 맞춤형 및 모듈형 디자인

- o 항공, 항공우주 및 심해 장비 제조업체는 하중 요구 사항에 따라 다양한 밀도, 단면 모양 및 벽 두께를 가진 텅스텐 합금 링을 맞춤

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

제작하여 구조적 최적화 및 중량 분포를 달성할 수 있습니다.

4. 텅스텐 합금 링의 미래 개발 동향

향후 10~20 년 동안 텅스텐 합금 링은 고성능, 경량화, 지능화라는 세 가지 방향으로 발전할 것입니다.

1. **고성능** : 나노텅스텐 분말 및 진공 열간 정수압 성형, 복합소결 등의 기술을 통해 텅스텐 합금 링의 굽힘 강도는 1200MPa 를 초과하고 밀도 는 이론값인 19.3g/cm³에 가깝습니다.
2. **경량화 및 구조 최적화** : 유한 요소 분석(FEA)과 위상 최적화를 사용하여 비응력 영역의 재료를 줄이고 관성 성능과 구조 강도의 비율을 개선합니다.
3. **지능과 기능 통합** : 센서와 가열 요소가 텅스텐 합금 링에 내장되어 실시간 모니터링과 환경 적응이 가능하며, 특히 우주선 자세 제어 시스템에 적합합니다.

1.2 텅스텐 합금 링의 분류 및 주요 특성

텅스텐 합금 링은 구조 부품, 기능성 소재 및 특수 용도로 널리 사용됩니다. 텅스텐 합금 링의 분류 및 특성은 적용 분야와 성능을 직접적으로 결정합니다. 텅스텐의 높은 밀도, 높은 융점, 그리고 뛰어난 기계적 특성 덕분에 텅스텐 합금 링은 고온, 심한 부식, 강한 충격 과 같은 극한 환경에서도 우수한 성능을 발휘할 뿐만 아니라, 합금 시스템에 따라 다양한 특성을 나타냅니다.

1.2.1 합금계에 따른 분류

텅스텐 합금 링은 다양한 합금 시스템에 따라 다음과 같은 범주로 나눌 수 있습니다.

1. 중텅스텐 합금 링(W-Ni-Fe / W-Ni-Cu 시스템)

- o 기지 로 니켈, 철 또는 구리를 첨가하여 형성되며 밀도는 16.8~18.8 g/cm³입니다.
- o 순수 텅스텐보다 높은 강도, 우수한 연성, 그리고 더 나은 가공 성능을 특징으로 합니다. 높은 관성과 높은 에너지 흡수 능력이 요구되는 균형추, 밸런스 링, 플라이휠 등에 적합합니다 .

2. 텅스텐 구리 합금 링(W-Cu 계)

- o 구리 의 침투로 이루어졌으며 , 텅스텐의 높은 녹는점과 구리의 높은 전기 및 열 전도도를 가지고 있습니다.
- o 일반적으로 전기 접촉 링, 고온 내구성 전도성 링 및 열 관리 구성 요소에 사용됩니다.

3. 텅스텐-몰리브덴 합금 링(W-Mo 계)

- o 텅스텐에 적절한 양의 몰리브덴을 첨가하면 재료의 취성을 줄이고 고온 가소성을 향상시킬 수 있습니다.
- o 주로 진공로 가열 링이나 내열 지지대 등 고온 부품에 사용됩니다.

4. 텅스텐 카바이드 합금 링(WC-Co / WC-Ni 시스템)

- o 매우 높은 경도(HRA 85 이상)와 우수한 내마모성을 갖춘 시멘트 카바이드 링입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 일반적으로 씰링 링, 내마모성 라이닝 링, 광산 기계 부품 등에 사용됩니다.

1.2.2 제조공정별 분류

- 분말야금 텅스텐 합금 링 : 분말 압착, 소결 및 후속 가공으로 제작되므로 대량 생산에 적합하며 재료 구조가 균일합니다.
- 단조 텅스텐 합금 링 : 고온에서 소성 변형을 통해 미세 구조를 개선하여 더 높은 밀도와 기계적 특성을 얻습니다.
- 소결-침투 복합 텅스텐 합금 링 : W-Cu, W-Ag 링과 같이 먼저 텅스텐 골격을 소결한 후 저융점 금속을 침투시킵니다.

1.2.3 텅스텐 합금 링의 주요 특성

1. 고밀도, 고비중
 - 텅스텐의 밀도는 최대 19.3g/cm³로, 텅스텐 합금 링이 작은 부피에서도 더 큰 관성과 균형 효과를 제공할 수 있습니다.
2. 우수한 고온 성능
 - 텅스텐의 녹는점은 3,422°C 이며, 고온 환경에서도 구조적 안정성을 유지하므로 크리프나 연화 현상이 발생하기 어렵습니다.
3. 내마모성 및 내식성이 우수합니다.
 - 마찰, 충격, 산성 및 알칼리성 환경에서 장기간 작업에 적합하며 수명이 깁니다.
4. 사용자 정의 가능한 성능
 - 합금 비율과 공정 매개변수를 조정함으로써 강도, 경도, 열전도도, 전기전도도가 다른 제품을 얻을 수 있습니다.
5. 방사선 저항성 및 보호 성능
 - 링에 응용하는 데 중요합니다.

텅스텐 합금 링은 물리적 및 기계적 특성에 영향을 미칠 뿐만 아니라 항공우주, 군사, 에너지, 기계 제조, 전자 산업 등 다양한 산업에서의 적용 분야를 결정합니다. 실제 엔지니어링에서는 텅스텐 합금 링의 성능 이점을 극대화하기 위해 작업 환경의 온도, 하중, 부식성 매체 및 가공 요건을 기반으로 적절한 합금 시스템과 제조 공정을 선택하는 것이 일반적으로 필요합니다.

1.3 텅스텐 합금 링 응용 분야 개요

텅스텐 합금 링은 고밀도, 고경도, 뛰어난 내마모성, 그리고 탁월한 고온 성능으로 현대 산업에서 중요한 역할을 합니다. 텅스텐 합금 링은 고유한 물리적 및 화학적 특성으로 인해 기존 기계 제조뿐만 아니라 극한 환경에서도 안정적인 성능을 유지합니다. 따라서 항공우주, 에너지, 군사, 의료, 전자 등 다양한 분야에서 널리 사용되고 있습니다. 다음은 주요 산업 관점에서 텅스텐 합금 링의 응용 분야를 간략하게 설명합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(1) 항공우주

항공우주 장비에서 텅스텐 합금 링은 자이로스코프 로터 카운터웨이트 링, 항공기 자세 제어 카운터웨이트, 그리고 관성 항법 시스템의 핵심 부품으로 자주 사용됩니다. 텅스텐 합금 링은 매우 높은 밀도(약 19g/cm³) 덕분에 동일 부피에서 더 큰 관성 모멘트를 제공할 수 있어 부품 크기를 줄이고 시스템 감도와 안정성을 향상시키는 데 도움이 됩니다. 또한, 우수한 피로 저항성과 열 안정성 덕분에 고속 회전 및 고온 환경에서도 장시간 안정적으로 작동할 수 있습니다.

(2)

텅스텐 합금 링은 사격 통제 시스템의 자이로 안정기, 전차포 통제 시스템의 관성 부품, 함선 및 잠수함의 균형추 링과 같은 군용 장비에서도 중요한 역할을 합니다. 탄약 및 미사일 기술에서 텅스텐 합금 링은 발사체 또는 꼬리 안정 링으로 사용될 수 있으며, 이는 비행 정확도를 향상시킬 뿐만 아니라 장갑 관통 및 고운동에너지 충격 시 구조적 무결성을 유지합니다.

(3) 에너지 및 원자력 산업

원자력 분야에서 텅스텐 합금 링은 원자로 제어 부품, 방사선 방호 링, 선회 기구 균형추에 자주 사용됩니다. 텅스텐 합금 링은 높은 밀도와 높은 원자 번호로 인해 감마선과 X 선에 대한 탁월한 차폐 특성을 제공하여 방사선 누출을 효과적으로 줄입니다. 풍력 터빈과 해양 에너지 장치에서도 텅스텐 합금 링은 고속 회전 부품의 균형추로 사용되어 진동을 줄이고 안정성을 향상시킬 수 있습니다.

(4) 의료 및 방사선 방호

의료 영상 및 치료 장비에서 텅스텐 합금 링은 CT 스캐너, 선형 가속기, 감마 나이프와 같은 장비의 회전자 및 차폐 부품에 사용됩니다. 텅스텐 합금 링의 높은 밀도는 방사선 누출을 줄일 뿐만 아니라 회전 중 균형을 유지하여 영상 품질과 치료 정확도를 향상시킵니다. 또한, 텅스텐 합금 링은 의료 장비의 동작 균형 및 정밀한 위치 조정에도 사용될 수 있습니다.

(5) 정밀 기계 및 전자 산업

고속 정밀 공작 기계, 반도체 제조 장비, 고급 시험 장비 등에서 텅스텐 합금 링은 플라이휠, 관성 링 또는 균형추 부품으로 사용되어 고속 구동 부품을 안정화하고 진동을 줄일 수 있습니다. 전자 산업에서는 고주파 장비 및 마이크로파 시스템의 안정화 부품으로도 사용되어 높은 밀도와 우수한 열전도도를 활용하여 시스템의 장기적이고 안정적인 작동을 보장합니다.

(6) 특수 산업 및 과학 연구 장비

텅스텐 합금 링은 심해 탐지기, 지질 탐사 장비, 입자 가속기와 같은 특수한 상황에서도 사용됩니다. 예를 들어, 심해 잠수정에서 텅스텐 합금 링은 잠수와 수면 상승 사이의 균형을 유지하는 밸러스트 추로 사용될 수 있으며, 입자 가속기에서는 이온 빔 제어 장치에 사용되어 자기장 분포를 정밀하게 조절할 수 있습니다.

전반적으로 텅스텐 합금 링은 뛰어난 성능 덕분에 여러 산업 분야의 고급 장비에 필수적인 핵심 부품으로 자리 잡았습니다. 새로운 제조 기술과 합금 제형의 지속적인 개발로 인해 텅스텐 합금 링의 적용 분야는 계속 확장될 것이며, 특히 신에너지, 고급 제조, 극한 환경 작업 분야에서 텅스텐 합금 링의 역할은 더욱 커질 것입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD

High-Density Tungsten Alloy Customization Service

CTIA GROUP LTD, a customization expert in high-density tungsten alloy design and production with 30 years of experience.

Core advantages: 30 years of experience: deeply familiar with tungsten alloy production, mature technology.

Precision customization: support high density (17-19 g/cm³), special performance, complex structure, super large and very small parts design and production.

Quality cost: optimized design, optimal mold and processing mode, excellent cost performance.

Advanced capabilities: advanced production equipment, RMI, ISO 9001 certification.

100,000+ customers

Widely involved, covering aerospace, military industry, medical equipment, energy industry, sports and entertainment and other fields.

Service commitment

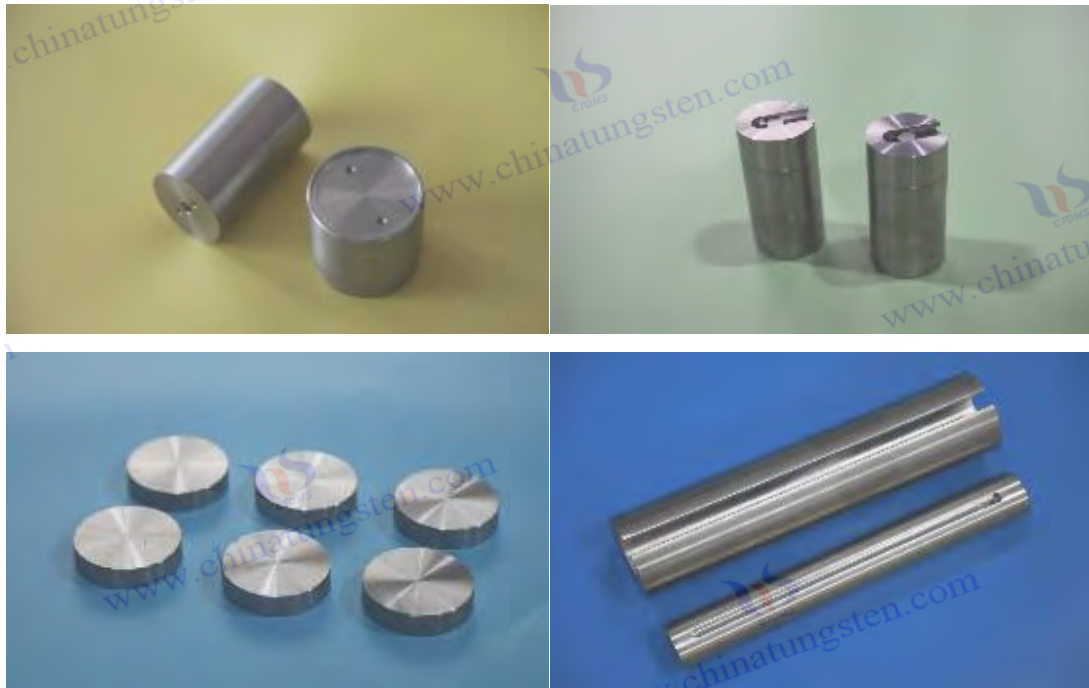
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: sales@chinatungsten.com

Tel: +86 592 5129696

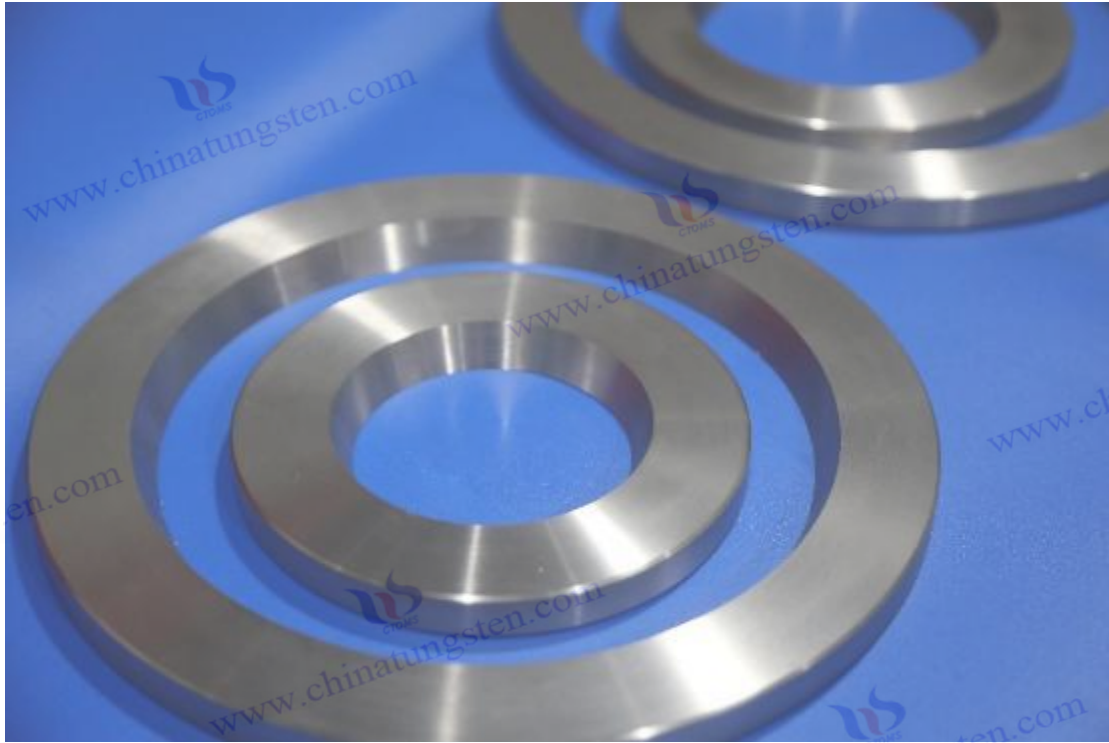
Official website: www.tungsten-alloy.com



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



제 2 장 텅스텐 합금 링의 재료 기초 및 특성

합금 링의 화학적 조성 및 미세 구조

텅스텐 합금 링의 성능은 주로 화학 조성과 미세 구조에 의해 결정됩니다. 이 두 가지 요소는 재료의 밀도, 경도, 내마모성을 결정할 뿐만 아니라 내식성, 연성, 고온 성능에도 직접적인 영향을 미칩니다. 텅스텐 합금 링은 일반적으로 고밀도, 고강도, 우수한 가공성을 갖도록 설계되므로, 조성비와 미세 구조 제어에 엄격한 기준을 적용합니다.

1. 화학 조성 특성:

텅스텐(W)은 주성분으로, 질량 분율은 일반적으로 85%에서 97% 사이이며, 합금의 대부분을 차지합니다. 텅스텐은 매우 높은 녹는점(3422°C), 높은 밀도(19.25g/cm^3), 그리고 우수한 내식성을 가지고 있어 텅스텐 합금 링에 높은 밀도와 경도를 부여하는 핵심 원소입니다. 인성 향상, 가공 성능 향상 또는 특수 기능 부여를 위해 일반적으로 다음을 포함한 특정 비율의 합금 원소가 첨가됩니다.

1. **니켈(Ni)** – 가장 일반적인 강화 원소로, 철이나 구리와 함께 사용하면 연성 결합 상을 형성합니다. 니켈은 일반적으로 3%에서 7%까지 첨가되며, 합금의 가소성과 내충격성을 크게 향상시킵니다.
2. **철(Fe)** – 종종 니켈과 결합되어(W-Ni-Fe 합금) 인성을 높이는 동시에 재료의 강도와 내마모성을 향상시킵니다.
3. **구리(Cu)** – 철(W-Ni-Cu 합금)을 대체하는 강화제로 주로 높은 전도성과 비자성 특성이 요구되는 분야에 사용됩니다.
4. **코발트(Co)** – 일부 특수 합금에서 내열성과 크리프 저항성을 개선하기 위해

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

바인더 상으로 사용되지만, 비용이 비교적 높습니다.

5. 탄소(C), 몰리브덴(Mo), 크롬(Cr) – 고온 환경에서 합금의 내마모성, 내부식성 또는 구조적 안정성을 개선하는 데 사용됩니다.

비율 설계는 텅스텐 합금 링의 용도에 따라 달라집니다. 예를 들어, 항공우주 분야에 사용되는 링 소재는 고온 강도와 내산화성에 더 중점을 두는 반면, 정밀 기기에 사용되는 링 소재는 밀도 안정성과 치수 정확도에 더 중점을 둡니다.

2. 미세 구조적 특성

텅스텐 합금 링의 미세 구조는 일반적으로 이중상 또는 다중상 구조를 나타냅니다.

1. 텅스텐 입자상(W 상) – 밝은 회색 또는 흰색으로 나타나며, 현미경으로 관찰하면 균일하게 분포된 구형 또는 다면체 입자로 보입니다. 합금의 주요 하중 지지상으로서 재료의 밀도와 경도를 높여줍니다.
2. 결합상(금속 기지상) - 니켈, 철, 구리 등의 원소로 구성되어 텅스텐 입자 사이에 분포되어 있으며, 연결, 응력 전달, 취성 파괴 완충 역할을 합니다.
3. 결정립계 및 기공 – 소결 과정에서 불가피하게 일부 기공이 형성되지만, 고품질 텅스텐 합금 링은 고온 액상 소결이나 열간 등방성 소결(HIP) 처리를 통해 기공률을 극히 낮은 수준으로 낮춰 강도와 인성을 향상시킬 수 있습니다.

미세구조의 균일성은 텅스텐 합금 링의 전반적인 성능에 매우 중요합니다. 텅스텐 입자가 너무 크거나 불균일하게 분포하면 응력 집중 지점에서 조기 균열 전파가 발생할 수 있습니다. 결합재 상의 연속성이 부족하면 연성이 감소하여 가공 중 링에 균열이 발생하기 쉽습니다. 따라서 제조 공정에서는 분말 입자 크기 분포, 혼합 균일성, 소결 공정 중 온도 프로파일 및 유지 시간을 엄격하게 관리해야 합니다.

3. 구성과 조직이 공연에 미치는 영향

- 밀도 : 주로 텅스텐 함량에 따라 결정됩니다. 텅스텐 비율이 높을수록 밀도는 이론 한계에 가까워집니다.
- 강도 및 인성 : 텅스텐 입자 분포와 결합상 비율에 따라 달라집니다. 적절한 Ni/Fe 또는 Ni/Cu 비율은 충격 인성을 크게 향상시킬 수 있습니다.
- 마모 및 부식 저항성 : 높은 텅스텐 함량과 고밀도 미세 구조는 연마 마모와 화학적 부식을 저항하는 데 도움이 됩니다.
- 고온 성능 : 텅스텐의 높은 녹는점과 안정성 덕분에 고온에서도 구조적 강도를 유지할 수 있지만, 바인더 상의 열 안정성도 마찬가지로 중요합니다.

요약하자면, 텅스텐 합금 링의 화학적 조성 및 미세 구조는 성능을 결정하는 기준입니다. 과학적 합금 설계와 정밀한 미세 구조 제어는 고급 산업 응용 분야의 요구를 충족하는 핵심적인 기술적 접근 방식입니다.

2.2 텅스텐 합금 링의 물리적 특성

텅스텐 합금 링은 다양한 산업 분야에서 널리 사용되는 주요 이유 중 하나입니다. 이러한 특성은 텅스텐 자체의 고유한 원자 구조뿐만 아니라, 합금 원소의 최적화된

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

비율과 제조 공정의 정밀한 제어에서 비롯됩니다. 텅스텐 합금 링은 밀도, 녹는점, 열 안정성, 열전도도, 전기 전도도, 그리고 내방사선성 측면에서 상당한 이점을 제공하여 극한 조건에서도 안정적인 구조와 성능을 유지할 수 있습니다.

2.2.1 고밀도 특성

텅스텐은 자연에서 가장 밀도가 높은 금속 중 하나입니다(약 19.3 g/cm^3). 텅스텐 합금 링은 일반적으로 $17.0\sim 18.5 \text{ g/cm}^3$ 의 밀도를 가지며, 이는 강철이나 구리 합금과 같은 일반적인 구조용 금속보다 훨씬 높습니다. 이처럼 높은 밀도는 텅스텐 합금 링에 탁월한 관성 특성과 운동 에너지 흡수 능력을 부여하여 균형, 균형추 역할 또는 진동 감소가 필요한 구조물에 특히 효과적입니다. 또한, 높은 밀도 덕분에 주어진 질량에 대해 텅스텐 합금 링의 크기를 줄일 수 있어 공간 제약이 있는 구조물에서도 컴팩트한 설계가 가능합니다.

2.2.2 높은 녹는점 및 고온 안정성

텅스텐은 금속 중 가장 높은 $3,422^\circ\text{C}$ 의 녹는점을 가지고 있습니다. 텅스텐 합금 링의 녹는점은 합금 후 약간 낮아지지만, $1,000^\circ\text{C}$ 이상에서 상당한 연화나 변형 없이 장기간 안정적인 구조와 강도를 유지할 수 있습니다. 이러한 특성은 고온 금형, 진공 열처리 설비, 핫 러너 시스템 등의 응용 분야에서 텅스텐 합금 링의 고유한 장점을 제공합니다.

2.2.3 낮은 열팽창 계수

텅스텐 합금 링의 온도는 일반적으로 $(4.5\sim 6.0) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 로, 강철이나 알루미늄과 같은 금속보다 훨씬 낮습니다. 이러한 낮은 팽창률 덕분에 링은 급격한 온도 변화가 있는 환경에서도 정밀한 치수를 유지하여 열 팽창 및 수축으로 인한 간극 변화를 최소화할 수 있습니다. 이는 정밀 기기, 고온 밀봉 링, 그리고 열 사이클링 조건에 노출되는 구조 부품에 특히 중요합니다.

2.2.4 우수한 열전도도

텅스텐의 열전도도는 구리나 은보다 낮지만, 고밀도 구조용 금속 중에서는 비교적 높은 수준(약 $160 \text{ W/m}\cdot\text{K}$)을 유지합니다. 텅스텐 합금 링은 열을 효과적으로 전달하여 국부적인 과열을 방지하고 잦은 열충격에 노출되는 고전력 응용 분야에서 안정적인 성능을 보장합니다. 이는 고온 가열 장치 및 전자 냉각 구조에 매우 중요합니다.

2.2.5 전기적 특성

텅스텐 합금 링의 저항률은 $(5.0\sim 6.0) \times 10^{-8} \Omega\cdot\text{m}$ 로 대부분의 고온 합금 및 내열 금속보다 우수합니다. 고온에서 전기 전도성을 유지해야 하는 특수 전기 접점에서 텅스텐 합금 링은 내열성과 전도성이라는 두 가지 요구 조건을 모두 충족할 수 있습니다.

2.2.6 높은 경도 및 내마모성

텅스텐 합금 링은 일반적으로 $300\sim 500 \text{ HV}$ 이며, 열처리 또는 표면 경화를 통해

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

경도를 더욱 높일 수 있습니다. 이처럼 높은 경도는 뛰어난 내마모성을 제공하여 회전 쉴, 베어링 지지대, 내충격성 카운터웨이트 등의 용도에서 더 긴 수명을 보장합니다.

2.2.7 방사선 저항성

텅스텐 합금 링은 원자번호(74)가 높고 밀도가 높아 납보다 X 선과 감마선 차폐 성능이 훨씬 뛰어납니다. 텅스텐 합금 링은 의료, 원자력 산업, 항공우주 방사선 차폐 구조물에서 안전하고 친환경적인 소재로 여겨집니다.

2.2.8 높은 강도와 강성

텅스텐 합금 링은 일반적으로 700~1,200 MPa 의 인장 강도, 높은 항복 강도, 그리고 적당한 가소성을 가지고 있어 구조적 불안정성 없이 높은 하중과 충격을 견딜 수 있습니다. 이러한 강도는 실온과 고온 모두에서 비교적 안정적으로 유지되므로 복잡한 응력 환경에 노출되는 주요 부품에 적합합니다.

2.3 텅스텐 합금 링의 기계적 성질

텅스텐 합금 링의 성능은 다양한 산업 및 고급 응용 분야에서의 신뢰성 및 수명과 직접적인 관련이 있습니다. 기계적 특성에는 주로 인장 강도, 항복 강도, 파괴 인성, 탄성 계수, 피로 강도, 충격 인성이 포함됩니다. 이러한 성능 지표는 텅스텐 합금 링의 변형 능력, 하중 지지력, 그리고 외력에 대한 손상 저항성을 나타냅니다.

2.3.1 인장강도 및 항복강도

텅스텐 합금 링은 합금 조성, 제조 공정 및 열처리에 따라 일반적으로 700~1200 메가파스칼(MPa)의 강도를 가집니다 . 이러한 높은 인장 강도 덕분에 링은 높은 하중에서도 파손이나 과도한 변형 없이 구조적 무결성을 유지할 수 있습니다. 인장 강도보다 약간 낮은 항복 강도는 일반적으로 550~950 MPa 이며, 이는 재료가 탄성 변형 후 소성 변형 단계에 진입하는 응력 수준을 나타냅니다. 텅스텐 합금 링의 높은 항복 강도는 응력 하에서 영구 변형에 대한 취약성을 줄여 정밀한 크기와 형상을 유지합니다.

2.3.2 파괴인성

파괴인성은 텅스텐 합금 링의 균열 전파 및 파괴 저항성을 나타내는 핵심 지표입니다. 텅스텐 합금 링은 높은 밀도와 경도로 인해 본질적으로 취성을 띠지만, 미세 합금화, 나노 구조 강화, 그리고 열처리 최적화를 통해 그 성능을 크게 향상시킬 수 있습니다. 텅스텐 합금 링의 일반적인 파괴인성은 $10\sim 25 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$ 입니다. 이러한 우수한 인성은 동적 하중 및 충격 하에서 강력한 파괴 저항성을 제공하여 파괴 위험을 줄여줍니다.

2.3.3 탄성계수

GPa 의 탄성 계수를 가지며 , 이는 탁월한 강성을 나타냅니다. 따라서 응력을 받을 때 탄성 변형이 최소화되어 치수 안정성과 형상 유지력이 뛰어나 고정밀 기계 구조물

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

및 복잡한 결합 부품에 사용하기에 적합합니다. 이러한 높은 탄성 계수는 구조물의 반응 속도와 진동 저항성을 향상시키는 데 도움이 됩니다.

2.3.4 피로강도

텅스텐 합금 링의 반복 하중은 사용 수명에 매우 중요합니다. 공정 최적화 및 재료 설계를 통해 텅스텐 합금 링은 일반적으로 인장 강도의 40%에서 60%에 달하는 높은 피로 한계를 나타낼 수 있습니다. 이러한 뛰어난 피로 강도는 기계적 진동, 열 사이클링, 충격 하중 환경에서 텅스텐 합금 링의 안정성을 보장하여 피로 파괴로 인한 장비 고장을 방지합니다.

2.3.5 충격 인성

텅스텐 합금 링의 내충격성은 인성과 밀접한 관련이 있습니다. 텅스텐 기반 소재는 다소 취성이 있지만, 적절한 합금 설계와 열처리를 통해 충격 에너지 흡수 능력을 향상시킬 수 있습니다. 텅스텐 합금 링의 내충격성은 갑작스러운 하중, 기계적 충격, 고에너지 입자 충격에도 높은 파괴 저항성을 유지하여 구조용 보호재 및 완충재로 사용하기에 적합합니다.

2.3.6 파괴 거동 및 파괴 모드

텅스텐 합금 링은 일반적으로 취성 파괴를 보이는데, 특히 저온 및 고응력 집중 영역에서 그렇습니다. 파괴인성을 향상시키기 위해 합금 원소 비율 조정, 최적화된 분말 야금 공정, 그리고 다단계 열처리가 종종 사용되어 균일한 미세조직 미세화를 달성하고 내부 응력과 결합 원인을 줄입니다. 파괴 모드에는 주로 균열 전파, 미세기공 합체, 그리고 계면 분리가 포함됩니다. 이러한 메커니즘을 이해하면 재료 설계 및 공정 제어를 개선하는 데 도움이 될 수 있습니다.

요약하자면, 텅스텐 합금 링은 우수한 기계적 성질을 가지고 있습니다. 고강도와 고강성을 모두 갖추고 있으며, 공정 개선을 통해 인성과 피로 수명이 효과적으로 향상되어 복잡하고 까다로운 산업 분야에 적합합니다. 앞으로 나노기술, 미세 합금화, 그리고 지능형 제조 공정의 발전을 통해 텅스텐 합금 링의 기계적 성질은 더욱 향상될 것입니다.

2.4 텅스텐 합금 링의 내식성 및 고온 저항성

텅스텐 합금 링은 다양한 첨단 산업 분야와 극한 환경에서 핵심적인 역할을 합니다. 텅스텐 합금 링의 내식성과 고온 내성은 장기적인 안정적인 작동 및 사용 수명을 보장하는 핵심 성능 지표입니다. 텅스텐 합금 링은 뛰어난 내산화성과 내화학성을 갖추고 있으며, 고온 조건에서도 우수한 기계적 특성과 구조적 안정성을 유지하여 원자력, 항공우주, 군수 산업 및 화학 산업 분야에서 널리 사용됩니다.

2.4.1 텅스텐 합금 링의 내식성

텅스텐 자체는 매우 높은 화학적 안정성을 가지고 있어 다양한 산성 및 알칼리성 매질에서 탁월한 내식성을 나타냅니다. 텅스텐 합금 링의 텅스텐 함량은 일반적으로

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

합금 의 대부분을 차지하며 , 우수한 내식성의 기반을 제공합니다. 니켈과 철과 같은 결합재 금속의 선택과 비율은 합금의 내식성에 상당한 영향을 미칩니다. 적절한 합금 설계는 전반적인 내식성을 극대화할 수 있습니다.

- **내산화성** : 텅스텐 합금 링은 공기 및 산화 환경 에서 표면에 조밀하고 안정적인 텅스텐 산화물(WO_3) 보호막을 형성합니다 . 이 보호막은 추가적인 산화 및 부식을 효과적으로 방지하여 소재의 내구성을 향상시킵니다. 또한, 이 보호막의 자가 회복 능력은 특히 저온 및 중온 환경에서 장기적인 산화 방지 보호 효과를 제공합니다.
- **화학적 내식성** : 텅스텐 합금 링은 대부분의 산성 및 알칼리성 용액에서 높은 내식성을 나타내며, 황산이나 염산과 같은 강산성 환경에서는 특히 낮은 부식률을 유지합니다. 따라서 엄격한 부식 방지 요건이 적용되는 화학 및 원자력 산업에 적합합니다. 그러나 고온 용융 알칼리 금속염과 강산화제가 있는 특정 환경에서는 내식성이 저하될 수 있으며, 이러한 환경에서는 표면 코팅이나 특수 처리로 보호 수준을 높여야 할 수 있습니다.
- **국부 부식 방지** : 텅스텐 합금 링은 기공률이 낮고 치밀한 구조를 가지고 있어 공식 및 틈새 부식을 효과적으로 방지합니다. 용사, PVD 코팅, 화학적 부동태화와 같은 표면 처리는 내식성을 더욱 향상시켜 특히 해양 및 고습 환경에서 사용 수명을 연장합니다.

2.4.2 텅스텐 합금 링의 고온 저항성

텅스텐 합금 링은 고온 조건에서도 뛰어난 물리적, 기계적 특성을 유지할 수 있으며, 고온 구조 부품 및 기능 구성품을 제조하는 데 중요한 소재입니다.

- **높은 용점 및 열 안정성** : 텅스텐의 용점은 최대 3422°C 로 대부분의 금속보다 훨씬 높아 텅스텐 합금 링은 고온에 매우 강합니다. 고온 환경에서 링의 미세 구조는 안정적으로 유지되어 입자 성장 및 구조적 열화에 덜 민감하며, 고온 기계적 특성을 보장합니다.
- **열팽창 특성** : 텅스텐 합금 링의 선팽창 계수는 일반적으로 $4.5\sim 5.5\times 10^{-6}/\text{K}$ 범위로 낮아 열 사이클 및 고온 변동 환경에서 치수 안정성을 보장하고 열팽창 및 수축으로 인한 응력 집중 및 구조적 손상을 방지합니다.
- **고온 산화 거동** : 고온 산화 환경에서 텅스텐 합금 링에 형성되는 산화막은 어느 정도 보호 기능을 제공하지만, 온도가 약 500°C 를 초과하면 산화 속도가 크게 빨라지며, 특히 산소 함량이 높은 환경에서는 더욱 그렇습니다. 이러한 이유로 고온 환경에서 산화 손상을 방지하기 위해 보호 분위기, 진공 또는 표면 코팅이 필요한 경우가 많습니다.
- **열 피로 및 고온 크리프 저항성** : 텅스텐 합금 링은 고온 장기 응력 조건에서 우수한 크리프 저항성을 나타내어 소성 변형 및 파괴를 지연시킵니다. 합리적인 합금 설계 및 열처리 최적화를 통해 열 피로 수명을 효과적으로 연장하여 항공기 엔진 및 원자로와 같은 극한 환경의 서비스 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

2.4.3 내식성과 고온 저항성의 조정된 최적화

실제 적용 분야에서 텅스텐 합금 링은 우수한 내식성과 고온 내성을 갖춰야 하는

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

경우가 많습니다. 다음 방법을 통해 두 가지 장점을 시너지 효과로 향상시킬 수 있습니다.

- **합금 조성 제어** : 텅스텐, 니켈, 철 등의 원소 비율을 조절하고, 미량 희토류 원소나 강화상을 첨가하여 고온 안정성과 산화 저항성을 개선하는 동시에 전반적인 내식성을 강화합니다.
- **표면 개질** : 고온 산화 방지 코팅(세라믹 코팅 등), 화학적 수동화 및 이온 이식을 사용하여 텅스텐 합금 링의 표면 내식성과 내열성을 크게 개선합니다 .
- **첨단 제조 기술** : 진공 소결 및 열간 정수압 성형과 같은 고밀도화 공정을 활용하여 재료의 기공을 줄이고, 부식성 매체의 침투를 억제하고, 조직 안정성과 고온 저항성을 개선합니다.

요약하자면, 뛰어난 내식성과 고온 저항성을 갖춘 텅스텐 합금 링은 고온 보호, 핵 차폐, 항공우주 및 화학 산업에서 대체할 수 없는 역할을 합니다. 재료 과학 및 표면 공학 기술의 발전으로 텅스텐 합금 링의 내식성과 고온 저항성은 더욱 향상되어 미래의 더욱 엄격한 적용 요건을 충족할 것입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



제3장 텅스텐 합금 링의 제조 기술

3.1 텅스텐 합금 링 및 기본 분말 야금용 원료 준비

텅스텐 합금 링의 탁월한 성능과 안정적인 품질을 보장하는 핵심 단계입니다. 원료 준비 및 분말 야금 공정은 전체 제조 공정의 기초입니다. 고품질 텅스텐 합금 분말과 과학적이고 합리적인 분말 야금 기술은 텅스텐 합금 링의 밀도, 미세 구조, 기계적 특성 및 표면 품질에 직접적인 영향을 미칩니다.

3.1.1 텅스텐 합금 링 원료의 선정 및 제조

텅스텐 합금 링은 주로 고순도 텅스텐 분말과 합금 바인더(일반적으로 니켈, 철, 구리와 같은 금속 분말)로 구성됩니다. 원료의 순도, 입자 크기 분포, 형태 및 화학적 조성은 최종 제품의 성능에 상당한 영향을 미칩니다.

- **텅스텐 분말 제조** : 텅스텐 분말은 텅스텐 합금 링의 주요 구성 요소입니다 . 일반적인 제조 방법으로는 환원법과 화학적 침전법이 있습니다. 환원법은 텅스텐산나트륨을 사용하여 균일한 크기의 텅스텐 분말을 생산하는데, 이 분말은 종종 구형 또는 준구형 입자 형태를 띠며, 이는 후속 압착 및 소결을 용이하게 합니다. 화학적 침전법은 고성능 텅스텐 합금 링 제조에 적합한 초미립 텅스텐 분말을 생산할 수 있습니다.
- **합금 바인더 분말** : 니켈 분말과 철 분말은 주요 바인더 재료이며, 높은

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

순도와 균일한 입자 크기 분포를 가져야 합니다. 니켈 분말은 우수한 기계적 성질과 내식성을 제공하는 반면, 철 분말은 합금의 경도와 강도를 향상시킵니다. 구리 분말은 특수 텅스텐-구리 합금에서 열전도도를 향상시키기 위해 자주 사용됩니다.

- **분말 전처리** : 원료 분말은 사용 전 체질, 건조 및 혼합 과정을 거쳐 균일한 입자 크기를 확보하고 분말 응집 및 과도한 수분 함량을 방지해야 합니다. 텅스텐 분말과 바인더 분말은 볼 밀링과 같은 기계적 방법을 통해 균일하게 혼합하여 최적의 분산을 달성하고 소결 밀도를 높입니다.

3.1.2 기본 분말 야금 공정

텅스텐 합금 링은 주로 분말 혼합, 성형, 소결, 열간 등압 성형 등의 단계를 포함하는 분말 야금 기술에 의존합니다. 이러한 단계들이 텅스텐 합금 링의 미세 구조와 거시적 특성을 결정합니다.

- **분말 혼합** : 텅스텐 분말은 볼 밀링 또는 기계적 혼합을 통해 니켈 및 철과 같은 결합제와 균일하게 분산됩니다. 혼합 균일성은 텅스텐 합금 링의 밀도와 성능에 결정적인 영향을 미칩니다. 분말의 과도한 산화 또는 오염은 반드시 피해야 합니다.
- **성형 공정** : 성형은 균일하게 혼합된 분말을 원하는 모양으로 압축하는 공정입니다. 일반적인 방법으로는 압축 성형과 등방성 가압 성형이 있습니다. 압축 성형은 단순한 텅스텐 합금 링에 적합한 반면, 등방성 가압 성형은 밀도가 높고 복잡한 모양의 링을 제작할 수 있습니다.
- **소결**: 소결은 분말 야금 공정에서 가장 중요한 단계입니다. 가열하면 분말 입자 간의 확산과 결합이 일어나 치밀한 전체 구조가 형성됩니다. 텅스텐 합금 링은 일반적으로 진공 상태에서 1400~1600°C 의 고온에서 소결됩니다. 이를 통해 불순물을 효과적으로 줄이고 합금의 밀도와 기계적 성질을 향상시킵니다.
- **열간 등압 가압 성형(HIP)**: 텅스텐 합금 링의 치밀화 및 기계적 특성을 더욱 향상시키기 위해 소결된 텅스텐 합금 링에 열간 등압 가압 성형(HIP)을 적용하는 경우가 많습니다. HIP 공정은 고온 및 고압을 활용하여 소재의 치밀화를 촉진하고, 내부 기공 및 결함을 제거하며, 소재의 균일성과 강도를 향상시킵니다.

3.1.3 분말야금이 텅스텐 합금 링의 특성에 미치는 영향

분말 야금의 기본 공정은 텅스텐 합금 링의 성능에 지대한 영향을 미칩니다. 합리적인 공정 변수 설계 및 제어를 통해 소재의 종합적인 성능을 크게 향상시킬 수 있습니다.

- **밀도 및 강도** : 고밀도 분말 야금 제품은 기계적 강도와 인성이 더 높습니다. 최적의 치밀화 효과를 얻으려면 소결 온도와 유지 시간을 정밀하게 제어해야 합니다.
- **미세구조 균일성** : 균일한 분말 혼합 및 소결 공정을 통해 구성 요소 분리 및 구조적 불균일성을 방지하고 균열 및 구멍과 같은 결함을 줄일 수 있습니다.
- **표면 품질 및 가공 성능** : 고품질 분말과 합리적인 성형 공정을 통해

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

매끄러운 표면과 안정적인 치수를 가진 텅스텐 합금 링을 얻을 수 있어 후속 기계 가공 및 표면 처리에 편리합니다.

요약하자면, 텅스텐 합금 링의 원료 준비 및 분말 야금 공정은 고성능과 긴 수명을 보장하는 데 핵심적인 역할을 합니다. 나노 분말 기술, 첨단 성형 장비, 그리고 지능형 공정 제어의 발전을 통해 텅스텐 합금 링의 제조 기술은 더욱 복잡하고 까다로운 응용 분야의 요구를 충족하도록 지속적으로 최적화될 것입니다.

3.2 텅스텐 합금 링 성형 공정(성형, 등방성형 등)

텅스텐 합금 링의 최종 형상, 치수 정확도, 그리고 내부 밀도를 결정하는 데 있어 성형 방법은 매우 중요합니다. 성형 방법을 적절하게 선택하고 최적화하는 것은 소재의 기계적 특성과 수명에 영향을 미칠 뿐만 아니라 생산 효율과 비용 관리에도 직접적인 영향을 미칩니다. 현재 텅스텐 합금 링 성형에 가장 널리 사용되는 두 가지 성형 기술은 압축 성형과 등방성 가압 성형입니다.

3.2.1 압축 성형 공정

압축 성형은 특수 금형을 사용하여 텅스텐 합금 분말을 금형 캐비티에 압축하는 방법입니다. 이 공정은 주로 분말 충전, 예비 가압, 최종 가압, 그리고 탈형으로 구성됩니다.

- **분말 충전** : 미리 혼합된 텅스텐 합금 분말을 금형 캐비티에 주입하여 분말이 고르게 분포되도록 하여 완제품의 밀도가 고르지 않게 되는 것을 방지합니다.
- **사전 압축 단계** : 분말의 안정성을 개선하고 성형 결함을 줄이기 위해 낮은 압력을 사용하여 분말에 대한 예비 압축을 수행합니다.
- **주요 가압 단계** : 더 높은 압력을 가하여 분말을 완전히 압축합니다. 일반적으로 압력은 수백 MPa에 달하여 성형체의 밀도를 향상시킵니다.
- **탈형** : 프레스가 완료된 후, 블랭크의 균열이나 변형을 방지하기 위해 금형을 조심스럽게 탈형해야 합니다. 성형된 텅스텐 합금 링 블랭크는 후속 소결 공정으로 들어갑니다.

압축 성형의 장점은 장비 투자가 비교적 적고 공정이 성숙되어 있어 구조가 단순하고 대량 생산이 가능한 텅스텐 합금 링 생산에 적합하다는 것입니다. 그러나 성형 압력이 불균일하면 밀도 구배가 발생하여 기계적 특성에 영향을 미칠 수 있다는 단점이 있습니다. 또한, 복잡한 형상이나 얇은 두께의 링을 성형하는 것이 더 어렵습니다.

3.2.2 등압 가압 공정

냉간 등압 성형(CIP)은 액체 또는 기체를 사용하여 모든 방향으로 균일한 압력을 가함으로써 폐쇄형의 유연한 금형 내에서 분말을 압축하는 방법입니다. 이 공정에는 분말 포장, 등압 프레스 투입, 가압, 그리고 포장 해체가 포함됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- **파우더 포장** : 균일하게 섞은 텅스텐 합금 파우더를 고무나 플라스틱으로 된 유연한 봉지에 넣고, 봉지 안에 거품이 없고 파우더가 흘러내리지 않는지 확인합니다.
- **등압 가압** : 포장된 분말을 등압 가압 챔버에 넣고 유압 시스템을 사용하여 분말에 균일한 압력을 가합니다. 압력 범위는 일반적으로 100~400 MPa 입니다.
- **디 백킹** : 가압 및 성형 후, 유연한 백을 제거하고 형성된 그린 바디는 높은 밀도와 균일한 밀도를 갖습니다.

등압 가압 성형의 가장 큰 장점은 균일한 성형 압력으로, 밀도 분포가 균일한 고밀도 빌릿을 생산한다는 것입니다. 이 공정은 특히 복잡한 형상과 두께 편차가 큰 텅스텐 합금 링에 적합합니다. 또한, 이 공정은 성형 결함을 효과적으로 줄여 후속 소결 및 가공 효율성을 높이고 완제품의 품질을 향상시킵니다.

텅스텐 합금 링의 특성에 대한 성형 공정 매개변수의 영향

텅스텐 합금 링은 다음 과 같은 여러 매개변수의 영향을 받습니다 .

- **성형 압력** : 압력이 높을수록 그린바디의 밀도가 높아지지만, 압력이 너무 높으면 곰팡이가 손상되고 분말 흐름이 나빠질 수 있습니다.
- **분말 입자 크기 및 분포** : 미세하고 균일하게 분포된 분말은 밀도 있는 성형을 달성하고 기공과 균열을 줄이는 데 도움이 됩니다.
- **금형 설계** : 합리적인 금형 구조와 분말 배출 설계로 균일한 분말 충전이 보장되고, 응력 집중과 밀도 구배가 방지됩니다.
- **성형 속도** : 성형 공정 중 가압 속도가 너무 빠르면 분말 응집 및 균열이 발생할 수 있으므로 가압 속도를 합리적으로 제어해야 합니다.

3.2.4 기타 보조 성형 기술

- **열간 압착** : 가열과 압력을 결합하여 분말 입자 사이의 확산과 결합을 촉진함으로써 그린 바디의 밀도와 기계적 성질을 개선하는 성형 방법입니다.
- **압연 성형** : 텅스텐 합금 분말은 압연 장비를 사용하여 형성되며, 관형 또는 링형 제품을 제조하는 데 적합합니다.
- **사출 성형(MIM)** : 금속 사출 성형 기술과 플라스틱 사출 성형 공정을 결합한 제품은 복잡한 모양의 텅스텐 합금 링 의 고정밀 일괄 생산에 적합 하지만 장비와 공정에 대한 요구 사항이 높습니다.

3.3 텅스텐 합금 링의 소결 기술

텅스텐 합금 링은 분말 밀도 향상, 기계적 특성 개선, 그리고 구조적 무결성 강화에 중요한 공정 단계입니다 . 소결 공정에서 텅스텐과 합금 분말은 고온에 노출되어 입자 간 확산 결합을 일으켜 연속적이고 치밀한 금속 매트릭스를 형성합니다. 이는 텅스텐 합금 링에 우수한 강도, 경도 및 내마모성을 부여합니다. 고품질 소결 공정은 텅스텐 합금 링의 미세 구조와 성능 안정성에 영향을 미칠 뿐만 아니라 최종 제품의 수명과 신뢰성을 결정합니다.

3.3.1 소결 공정의 기본 원리

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

소결은 분말 입자가 재료의 녹는점 이하의 온도에서 확산되고 서로 결합되어 강하고 조밀한 물체를 형성하는 열처리 공정입니다. 텅스텐 합금 링은 일반적으로 고상 소결을 통해 소결되는데, 이는 고온에서 고체 확산과 입자 간의 물리적 및 화학적 반응을 통해 분말 입자를 결합시키는 것을 포함합니다. 이 공정에는 입자 표면 활성화, 넥 형성, 입자 성장, 기공 폐쇄와 같은 단계가 포함됩니다.

텅스텐은 높은 용점(약 3422°C)을 가지고 있어 1800°C 이상의 소결 온도가 필요하며, 일반적으로 소결 온도 범위는 1500°C 에서 1800°C 입니다. 소결 온도는 합금 조성 및 원하는 성능 요건에 따라 달라집니다. 소결 온도, 시간, 분위기와 같은 변수는 밀도와 미세 구조에 결정적인 영향을 미칩니다.

3.3.2 일반적인 소결 방법

- **진공 소결은**

고진공 환경을 활용하여 불순물 가스로 인한 산화 및 오염을 방지하여 재료 순도를 유지하고 표면 결함을 줄이는 데 도움이 됩니다. 진공 소결은 텅스텐 합금 링의 밀도와 기계적 특성을 향상시킬 수 있으며, 산업 생산에서 일반적으로 사용되는 소결 기술입니다.

- **수소 환원 분위기에서의 소결은**

수소 분위기의 환원 특성을 이용하여 분말 표면의 산화막을 제거하고, 입자 간 확산 결합을 촉진하며, 소결 온도를 낮추고, 합금의 구조와 특성을 개선합니다. 그러나 수소 취성과 같은 부작용을 방지하기 위해 수소의 순도와 유량을 엄격하게 제어해야 합니다.

- **불활성 분위기 소결은**

아르곤 및 질소와 같은 불활성 가스를 사용하여 소결 환경을 보호하고, 산화를 방지하며, 합금의 표면 품질을 향상시킵니다. 높은 대기압 요건을 가진 복잡한 텅스텐 합금 링에 적합합니다.

- **열간 등압 가압(HIP)은**

고온 및 등압 소결을 결합하여 가해지는 압력을 통해 기공 폐쇄 및 미세 구조 균질화를 촉진하여 텅스텐 합금 링의 밀도와 기계적 특성을 크게 향상시킵니다. HIP 기술은 고성능 및 고신뢰성 텅스텐 합금 링 제조에 적합합니다.

소결 공정 매개변수가 텅스텐 합금 링의 특성에 미치는 영향

- **온도 제어:**

온도가 너무 낮으면 확산이 불충분하여 밀도와 강도가 감소합니다. 온도가 너무 높으면 입자 조대화가 쉽게 발생하여 인성과 내마모성이 저하됩니다. 적절한 온도 제어는 소결 품질을 보장하는 데 핵심입니다.

- **보유 시간은**

입자 사이의 충분한 확산과 기공 폐쇄를 보장하지만, 보유 시간이 너무 길면 입자 성장과 구조적 저하로 이어질 수 있습니다.

- **가열 및 냉각 속도**

적절한 가열 속도는 열 응력과 변형을 줄이고 블랭크의 균열을 방지할 수

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

있습니다. 냉각 속도는 구조적 안정성과 내부 응력 해소에 영향을 미칩니다.

- **분위기 선택 및 순도**

: 적절한 분위기 보호는 산화 및 탈탄을 방지하고 재료 순도와 표면 품질을 유지합니다.

3.3.4 소결 결합 및 품질 관리

일반적인 소결 결합에는 기공, 균열, 소결 결합 개재물, 그리고 입자 불균일성이 포함됩니다. 이러한 결합은 텅스텐 합금 링의 기계적 특성과 내구성을 저하시킬 수 있습니다. 분말 품질을 최적화하고, 소결 매개변수를 엄격하게 제어하며, 보조 소결 기술(예: HIP 및 온간 가압 소결)을 채택함으로써 결합을 효과적으로 줄이고 제품의 일관성을 향상시킬 수 있습니다.

3.4 텅스텐 합금 링의 정밀 가공

텅스텐 합금 링은 소결된 텅스텐 합금 블랭크를 설계 요건을 충족하는 완성된 모양과 크기로 가공하는 데 중요한 단계입니다. 텅스텐 합금 소재는 밀도, 경도, 용점, 그리고 낮은 가소성을 지니고 있어 가공이 까다롭습니다. 따라서 품질을 보장하고 생산 효율을 높이며 공구 수명을 연장하기 위해서는 특수 가공 기술과 공정 변수가 필요합니다.

3.4.1 텅스텐 합금 링 가공의 과제

- **텅스텐 합금 링은 소결 후 높은**
경도를 가지므로 공구 마모 및 파손이 쉽게 발생할 수 있습니다. 또한, 소재가 매우 취성이 강하여 가공 중 균열 및 날 손상이 쉽게 발생할 수 있습니다. 과도한 절삭력과 열응력은 피해야 합니다.
- **밀도가 높으면 가공 부하가 높아집니다**
텅스텐 합금의 밀도가 높으면(일반적으로 17-19 g/cm³) 절삭 부하가 증가하므로 가공 장비와 공구는 높은 강성과 내구성을 가져야 합니다.
- **낮은 열전도율 및 열 축적 용이**
텅스텐 합금은 열전도율이 낮습니다. 가공 중 발생하는 열은 빠르게 방출되기 어려워 가공물 표면과 공구의 과열로 쉽게 이어지고, 가공 변형 및 표면 품질 저하를 초래할 수 있습니다.

3.4.2 텅스텐 합금 링의 주요 가공 공정

- **황삭 및 정삭은**
일반적으로 대부분의 잉여 소재를 제거하기 위해 먼저 수행되고, 그 후 정삭을 통해 필요한 치수 정확도와 표면 조도를 얻습니다. 황삭은 효율성을 보장하기 위해 더 큰 절삭 매개변수를 사용하는 반면, 정삭은 절삭력과 열 영향을 줄이기 위해 미세 조정 매개변수가 필요합니다.
- **선삭은**
텅스텐 합금 링 가공에 일반적으로 사용되는 가공법으로, 내경 및 외경 원가공에 적합합니다. 초경 공구 또는 다이아몬드 공구는 냉각 및 윤활유와

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

함께 사용되며, 절삭 속도와 이송 속도는 최적의 표면 품질과 치수 정확도를 얻기 위해 제어됩니다.

- 연삭은

텅스텐 합금 링의 고정밀 사이징 및 표면 처리에 사용됩니다. 특히 가공이 어려운 복잡한 곡면과 작은 치수의 가공에 적합합니다. 다이아몬드 연삭 휠은 연삭 공구로 자주 사용되며, 공작물의 과열을 방지하기 위해 효율적인 냉각 시스템과 함께 사용됩니다.

- 방전 가공(EDM)

은 복잡한 형상과 가공이 어려운 부위를 가진 텅스텐 합금 링에 적합합니다. 높은 정밀도와 우수한 표면 품질을 얻을 수 있으며, 소재 경도에 대한 의존도가 낮습니다. 하지만 가공 속도가 느리기 때문에 보조 가공 기술로 적합합니다.

- 연마는

텅스텐 합금 링의 표면 마감을 개선하는 중요한 공정입니다. 내식성과 표면 외관을 개선하는 데 자주 사용됩니다. 기계적 연마, 화학적 연마, 전해 연마 기법을 모두 적용할 수 있으며, 가공물의 요구 사항에 따라 적절한 방법을 선택합니다.

3.4.3 주요 처리 매개변수 및 프로세스 최적화

- 절삭 속도는

일반적으로 공구 마모와 작업물 온도를 낮추기 위해 30~100m/min 의 범위 내의 더 낮은 절삭 속도로 제어됩니다.

- 절삭 이송 및 절삭 깊이

과도한 절삭력을 방지하기 위해 이송 속도는 적당해야 합니다. 절삭 깊이는 일반적으로 얇게 하여 가공물의 표면 품질과 치수 안정성을 보장합니다.

- 냉각 및

윤활 공정에서는 대량의 냉각수 또는 냉각 가스를 사용하여 방열 효율을 높이고, 열 응력과 공구 마모를 줄이며, 공구 수명을 연장합니다.

- 공구 소재 선정은

주로 다이아몬드 공구, CBN(입방정 질화붕소) 공구 또는 초경 공구를 사용하며, 절삭 효과를 보장하기 위해 경도와 인성을 모두 고려합니다.

3.4.4 품질 관리 및 가공 검사

- 치수 정확도 테스트는

3 좌표 측정기(CMM), 내경 게이지, 외경 마이크로미터와 같은 고정밀 측정 장비를 사용하여 치수와 동축성이 설계 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.

- 표면 품질 검사는

표면 거칠기 측정기와 현미경을 사용하여 표면 질감과 결함을 감지하여 처리된 표면에 균열이나 흠집이 없고 필요한 평활도를 달성했는지 확인합니다.

- 내부 결함 탐지는

비파괴 검사 기술(초음파, X 선 등)을 결합하여 가공 과정에서 새로운 균열이나 내부 결함을 탐지하여 구조적 무결성을 보장합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.5 텅스텐 합금 링의 표면처리 및 성능향상 기술

텅스텐 합금 링은 고밀도, 고강도, 고온 내성을 갖추고 있어 항공우주, 군사, 원자력 및 첨단 기계 분야에 널리 사용됩니다. 텅스텐 합금 링의 전반적인 성능, 특히 내마모성, 내부식성 및 사용 수명을 더욱 향상시키기 위해 표면 처리 기술이 핵심적인 역할을 하고 있습니다. 적절한 표면 개질 공정을 통해 텅스텐 합금 링의 표면 품질을 향상시킬 뿐만 아니라 기계적 특성과 환경 적응성도 향상시킬 수 있습니다.

3.5.1 텅스텐 합금 링 표면 처리의 주요 목적

- **내마모성 향상:**
텅스텐 합금 링은 마찰과 충격이 큰 환경에서 심각한 표면 마모를 겪습니다. 경질 코팅이나 표면 경화 기술을 사용하면 사용 수명을 효과적으로 연장할 수 있습니다.
- **향상된 내식성**
핵 및 화학 환경에서 텅스텐 합금 링은 산화, 부식 또는 방사선에 의해 손상될 수 있습니다. 표면 보호층은 안정적인 보호 장벽을 형성하여 모재의 손상을 방지할 수 있습니다.
- **표면 거칠기와 치수 안정성을 개선하여**
더 높은 표면 마감을 달성하고, 마찰 계수를 줄이고, 밀봉 성능과 조립 정확도를 개선합니다.
- **접착력 및 계면 접합 강도 향상**
표면 전처리는 코팅과 기질 사이의 접합력을 강화하여 코팅이 벗겨지거나 갈라지는 것을 방지합니다.

3.5.2 일반적인 텅스텐 합금 링 표면 처리 기술

- **기계적 연마 및 연삭은 연삭 휠을 이용한**
연삭 및 연마와 같은 기계적 방법을 통해 표면 산화물과 결함을 제거하여 균일하고 매끄러운 표면을 만듭니다. 표면 조도 개선 및 후속 가공 준비에 적합합니다.
- **화학적 연마 및 산세척은**
특정 화학 시약을 사용하여 표면 산화물과 불순물을 제거하여 표면 청결도를 개선하는 동시에 균일하고 조밀한 표면층을 형성합니다.
- **전기 도금 기술:**
텅스텐 합금 링은 내마모성과 내부식성을 향상시키기 위해 니켈이나 전기 도금된 크롬과 같은 금속으로 코팅되는 경우가 많습니다. 치수 공차에 영향을 미치지 않도록 코팅의 두께와 균일성을 제어하는 것이 중요합니다.
- **물리 기상 증착(PVD) 및 화학 기상 증착(CVD)은**
진공 환경에서 증발 또는 화학 반응 증착 기술을 사용하여 단단한 세라믹 코팅(예: TiN)을 형성합니다. CrN, 텅스텐 합금 링 표면에 TiC 등을 첨가하여 표면 경도와 내마모성을 크게 향상시킵니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- **레이저 표면 클래딩 및 용융 개질은**
고에너지 레이저 빔을 사용하여 텅스텐 합금 링의 표면을 국부적으로 클래딩하거나 빠르게 응고시켜 밀도가 높은 내마모성 층을 형성함으로써 표면 접합 강도와 내식성을 향상시킵니다.
- **플라즈마 분무는**
고온 플라즈마를 사용하여 금속이나 세라믹 분말을 분무하여 기능성 코팅을 제조하여 고온 저항성, 내식성 및 내마모성 측면에서 여러 가지 성능 개선을 달성합니다.

3.5.3 표면강화기술의 성능향상 메커니즘

- **경도 향상:**
단단한 코팅이나 표면 합금화를 통해 텅스텐 합금 링의 표면 경도를 크게 개선하여 굽힘 저항성과 피로 저항성을 향상시킬 수 있습니다.
- **부식 방지 배리어**
코팅은 밀도가 높고 안정적인 보호 필름을 형성하여 산소, 습기 및 부식성 매체를 차단하고 기판 부식을 지연시킵니다.
- **마찰 방지 효과는**
표면 거칠기와 코팅 마찰 계수를 최적화하고, 움직이는 부품 사이의 마찰과 마모를 줄이며, 기계적 효율을 향상시킵니다.
- **향상된 열 안정성:**
고온 내마모성 코팅 및 표면 개질을 통해 고온 환경에서 텅스텐 합금 링의 안정성과 수명이 향상됩니다.

3.5.4 표면처리 공정 관리 및 품질 검사

- **공정 매개변수 최적화**
에는 코팅 재료 선택, 증착 온도, 압력, 시간 및 사후 처리 공정이 포함되어 코팅 균일성, 접착력, 물리적 및 화학적 특성이 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.
- **표면 거칠기 테스트는**
거칠기 측정기, 주사 전자 현미경(SEM)과 같은 장비를 사용하여 표면의 평탄도와 결함을 평가합니다.
- **코팅 두께 및 접착력 테스트는**
미세 단면 분석, 스크래치 테스트 및 인장 접착력 테스트를 통해 코팅 품질을 보장합니다.
- **마모 및 내부식성 시험은**
마찰 및 마모 시험기, 염수 분무 시험 등을 이용하여 실제 작업 조건을 시뮬레이션하고 표면 처리 효과를 검증합니다.

3.5.5 미래 개발 동향

- **녹색 및 환경 친화적 표면 처리 기술은**
환경 보호 규정을 준수하는 저오염, 저에너지 소비의 무해한 표면 처리 공정을 채택합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- **지능적이고 정밀한 프로세스는**
디지털 제어와 온라인 모니터링을 활용하여 표면 처리 프로세스의 지능적 최적화와 품질 추적을 달성합니다.
- **기능성 그래디언트 코팅 기술은 접합 강도와 표면 기능성을 모두**
고려하여 기판에서 표면까지 코팅 성능을 점진적으로 변화시킵니다 .
- **복합 나노코팅의 개발은**
여러 나노소재를 결합하여 더욱 까다로워지는 서비스 요구 사항을 충족하는 고성능 복합 코팅을 제조합니다.

CTIA GROUP LTD

High-Density Tungsten Alloy Customization Service

CTIA GROUP LTD, a customization expert in high-density tungsten alloy design and production with 30 years of experience.

Core advantages: 30 years of experience: deeply familiar with tungsten alloy production, mature technology.

Precision customization: support high density (17-19 g/cm³), special performance, complex structure, super large and very small parts design and production.

Quality cost: optimized design, optimal mold and processing mode, excellent cost performance.

Advanced capabilities: advanced production equipment, RMI, ISO 9001 certification.

100,000+ customers

Widely involved, covering aerospace, military industry, medical equipment, energy industry, sports and entertainment and other fields.

Service commitment

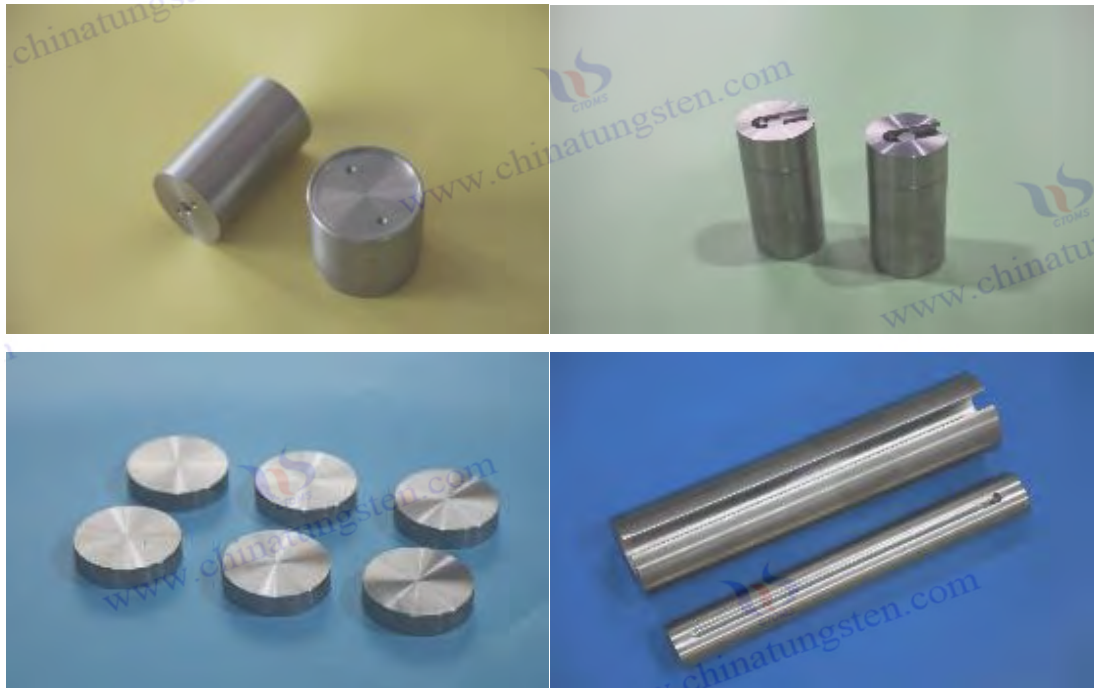
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: sales@chinatungsten.com

Tel: +86 592 5129696

Official website: www.tungsten-alloy.com



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



제 4 장 텅스텐 합금 링의 품질 검사 및 특성 분석 방법

4.1 텅스텐 합금 링의 치수 및 기하학적 정확도 테스트

고성능 구조 및 기능 부품인 텅스텐 합금 링이 설계 요건을 충족하고 실제 적용에서 안정적인 성능을 유지하려면 치수 및 형상 정밀도를 엄격하게 관리하는 것이 중요합니다. 텅스텐 합금은 밀도가 높고 경도가 높으며 가공이 어려운 특성을 가지고 있기 때문에, 정밀한 치수 및 형상 검사는 공정 최적화 및 품질 관리에 필수적입니다.

4.1.1 치수 검사의 중요성

- 텅스텐 합금
링은 고급 기계, 원자력, 항공우주 분야에서 자주 사용됩니다. 정밀한 내경 및 외경, 링 두께와 폭은 조립 정확도와 작동 안전성에 직접적인 영향을 미칩니다.
- 제조 오류 및 변형 제어
텅스텐 합금은 가공 과정에서 응력과 변형이 발생하기 쉽습니다. 치수 검사는 편차를 적시에 감지하고 수정하여 후속 공정의 품질 문제를 방지하는 데 도움이 됩니다.
- 표준화된 치수 테스트를 통해 대량 생산에서 제어 가능하고 일관된 제품 품질을 달성하여 제품의 일관성과 안정성을 향상시킵니다 .

4.1.2 기하학적 정확도 시험 내용

- 내경과 외경

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

은 고정밀 내경 게이지, 외부 마이크로미터 또는 좌표 측정기(CMM)를 사용하여 측정하여 치수가 설계 허용 오차를 충족하는지 확인합니다.

- **벽 두께 균일성은**
링 벽 두께를 측정하여 설계 범위 내에서 벽 두께가 균등하게 분포되는지 확인하고, 국부적인 두께 불균일로 인해 발생하는 강도 부족이나 응력 집중을 방지합니다.
- **진원도 및 동심도 시험은**
진원도 측정기와 3 차원 좌표 측정기를 사용하여 텅스텐 합금 링의 내경과 외경의 진원도 및 동심도를 평가하여 링의 원형 정확도와 구조적 안정성을 보장합니다.
- **평탄도 및 단면 수직도**
시험은 링의 두 단면이 평행한지, 단면과 링 본체 축 사이의 수직도가 설치 및 밀봉 성능을 보장하는 데 필요한 요건을 충족하는지 여부를 점검합니다.

4.1.3 주요 시험 장비 및 기술

- 3 차원 좌표 측정을 통해 텅스텐 합금 링의 모든 치수와 기하학적 형상을 고정밀로 측정할 수 있습니다.
. 데이터는 디지털 방식으로 저장되어 품질 추적이 용이합니다.
- **광학 프로파일로미터와 레이저 스캐너는**
비접촉 측정 기술을 사용하여 텅스텐 합금 링의 표면 프로파일과 형태를 얻습니다. 이는 복잡한 표면과 작은 변형을 측정하는 데 적합합니다.
- **내경 게이지와 외경 마이크로미터는**
일상적인 크기 측정에 적합한 전통적인 정밀 측정 도구입니다. 조작이 간편하고 작업장에서 신속하게 검사할 수 있습니다.
- **진원도 시험기와 형상 측정기는**
텅스텐 합금 링의 기하학적 정확성을 보장하기 위해 진원도, 동심도, 평탄도를 시험하는 데 특별히 사용됩니다.

4.1.4 테스트 프로세스 및 품질 관리

1. **작업물 준비**
: 텅스텐 합금 링 표면을 깨끗이 하여 오일과 불순물을 제거하여 측정 정확도에 영향을 미치지 않도록 합니다.
2. **측정 계획 설계:**
설계 도면을 기반으로 검사 계획을 개발하고 주요 치수 및 허용 오차 요구 사항을 결정합니다.
3. **데이터 수집**
적절한 측정 장비를 사용하여 치수와 기하학을 측정하고 자세한 데이터를 수집합니다.
4. **데이터 분석 및 판단:**
측정 결과에 대한 통계 분석을 수행하여 설계 및 프로세스 사양을 충족하는지 확인합니다.
5. **품질 피드백 및 조정:**

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

테스트 결과를 기반으로 생산 라인에 피드백을 제공하여 처리 매개변수를 조정하고 제조 공정을 최적화합니다.

4.1.5 일반적인 문제 및 해결 방법

- **가공 변형으로 인한 치수 편차는**
합리적인 고정 지지와 단계적 가공을 채택하여 가공 응력을 줄임으로써 해결합니다.
- **측정 오차의 원인**
측정 환경 온도가 안정적인지 확인하고, 측정 장비를 교정하고, 적절한 측정 방법을 선택합니다.
- **표면 거칠기는 측정 정확도에 영향을 미칩니다**
표면을 연마하고 세척하여 측정 정확도를 향상시키세요.

4.2 텅스텐 합금 링의 성분 분석 방법

텅스텐 합금 링은 주요 물리적, 기계적 특성과 내식성을 직접적으로 결정합니다 . 따라서 정확하고 포괄적인 성분 분석은 안정적인 품질과 우수한 성능을 보장하는 데 필수적입니다. 본 논문에서는 텅스텐 합금 링에 일반적으로 사용되는 성분 분석 기법과 그 적용 특성을 체계적으로 소개합니다.

4.2.1 성분 분석의 중요성

- **의 정확성을 확보하십시오 . 텅스텐 합금 링 의 성능은 텅스텐(W), 니켈(Ni), 철(Fe) 및 기타 원소의 적절한 비율에**
달려 있습니다 . 정확한 성분 분석은 합금 공식의 정확한 적용을 검증하는 데 도움이 됩니다.
- **불순물 관리:**
산소(O), 탄소(C), 황(S) 등의 불순물 원소 함량이 과도하면 재료의 밀도와 기계적 특성에 심각한 영향을 미칩니다. 조성 분석은 불순물 수준을 감지하고 관리하는 데 도움이 됩니다.
- **분말 제조, 소결, 열처리 등의 공정 매개변수를 조정하여 성능을 개선하기 위한 구성 변화 분석을 통해 공정 최적화를 안내합니다 .**

4.2.2 일반적으로 사용되는 구성 분석 기술

1. 유도 결합 플라즈마 광 방출 분광법(ICP-OES)

- **원리:**
시료가 용해된 후, 플라즈마를 이용해 원소를 여기시켜 특성 스펙트럼을 방출시키고, 스펙트럼 강도를 분석하여 원소 함량을 결정합니다.
- **장점:**
검출 감도가 높아 여러 원소를 동시에 측정할 수 있으며, 특히 미량 불순물과 주요 원소의 정확한 분석에 적합합니다.
- **응용 분야:**

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

텅스텐 합금 링에서 텅스텐, 니켈, 철 및 불순물 원소를 정량적으로 검출하는데 적합하며 품질 관리 및 공식 검증에 널리 사용됩니다.

2. X 선 형광 분광기(XRF)

- **원리:**
X 선을 사용하여 샘플을 여기시키고, 원소에서 방출되는 특성 형광 X 선의 강도를 측정하여 원소의 종류와 함량을 결정합니다.
- **장점:**
: 샘플을 용해할 필요가 없고, 검출 속도가 빠르며, 고체 샘플의 비파괴 분석에 적합합니다.
- **용도:**
텅스텐 합금 링의 주요 합금 원소와 대략적인 함량을 빠르게 검출하는 데 사용되며, 현장이나 생산 라인에서 신속한 분석에 적합합니다.

3. 산소, 질소 및 수소 분석기(OHN)

- **원리:**
고온 연소 또는 열분해 방법을 사용하여 샘플의 산소, 질소 및 수소 함량을 측정합니다.
- **장점:**
제어하기 어려운 불순물 원소를 정확하게 판별하여 합금의 순도와 안정적인 성능을 보장할 수 있습니다.
- **응용 분야:**
: 텅스텐 합금 링에 함유된 산소, 질소, 수소 및 기타 불순물의 함량을 감지하여 불순물로 인해 재료 성능이 저하되는 것을 방지합니다.

4. 전자 탐침 미세 분석(EPMA)

- **원리:**
시료를 전자빔으로 여기시키고, 방출된 특성 X 선을 분석하여 미세영역의 원소 분포와 함량 정보를 얻습니다.
- **장점:**
높은 공간 분해능으로 국부적 구성과 불균일한 원소 분포를 감지할 수 있습니다.
- **응용 분야:**
텅스텐 합금 링의 합금 원소의 미시적 분포와 합금화 정도를 연구하는 데 사용됩니다.

5. 질량 분석법(ICP-MS 등)

- **원리:**
샘플 원소를 이온화하고 이온 질량을 측정함으로써, 매우 높은 감도로 원소 함량을 정량적으로 분석합니다.
- **장점:**
: 매우 낮은 농도의 원소를 검출할 수 있으며 미량 불순물 분석에 적합합니다.
- **용도:**
고순도 텅스텐 합금 링의 미량 원소를 검출하여 재료 순도를 보장하는 데 사용됩니다.

4.2.3 구성 요소 분석 프로세스

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1. 샘플 준비

시험 방법 요구 사항에 따라 텅스텐 합금 링 샘플은 절단, 분쇄, 용해 또는 분쇄를 통해 전처리되어 샘플이 균일하고 분석 표준을 충족하는지 확인합니다.

2. 기기 교정은

표준 샘플이나 교정 용액을 사용하여 기기를 교정하여 정확하고 신뢰할 수 있는 테스트 결과를 보장합니다.

3. 데이터 수집

표준 테스트 절차에 따라 요소의 정량적 또는 정성적 데이터를 수집합니다.

4. 데이터 처리 및 결과 분석은

수집된 데이터를 수정하고 계산하는 데 사용되며, 합금 설계 요구 사항에 따라 구성이 사양을 충족하는지 평가합니다.

5. 보고서 생성 및 품질 피드백

생산 조정 및 품질 관리의 기초로 자세한 테스트 보고서를 출력합니다.

4.2.4 성분 분석의 과제 및 고려 사항

- **표본 대표성:**

텅스텐 합금 링의 재료 구성에는 지역적 차이가 있을 수 있으므로 분석 결과의 대표성을 보장하기 위해 다중 지점 표본 추출이 필요합니다.

- **검출 한계 및 감도**

: 데이터 편차를 피하기 위해 미량 불순물 원소를 검출하려면 고감도 장비가 필요합니다.

- **샘플 준비가 결과에 미치는 영향**

샘플의 불완전한 용해나 오염은 결과의 정확도에 영향을 미치므로, 준비 과정을 엄격하게 통제해야 합니다.

4.3 텅스텐 합금 링의 기계적 성질 시험

텅스텐 합금 링은 다양한 고강도 및 혹독한 환경에서의 신뢰성 및 수명과 직접적인 관련이 있습니다. 따라서 체계적이고 포괄적인 기계적 특성 시험은 텅스텐 합금 링의 품질과 성능을 평가하는 데 중요한 단계입니다. 이 섹션에서는 텅스텐 합금 링에 일반적으로 사용되는 기계적 특성 시험 항목, 시험 방법 및 표준에 대해 중점적으로 설명합니다 .

4.3.1 텅스텐 합금 링의 기계적 특성의 중요성

텅스텐 합금 링은 일반적으로 원자력 산업, 군수 산업, 항공우주 및 고급 기계 제조 분야에서 사용됩니다. 이러한 응용 분야는 강도, 인성, 경도 등 재료의 기계적 특성에 대한 매우 높은 요구 조건을 충족해야 합니다. 기계적 특성 시험을 통해 다음과 같은 결과를 얻을 수 있습니다.

- 텅스텐 합금 링이 설계 조건을 충족하는지 확인하세요.
- 다양한 환경에서 재료의 변형과 파괴 거동을 이해합니다.
- 재료 준비 과정의 최적화를 안내하고 종합적인 성과를 개선합니다.
- 제품의 안전성과 안정성을 보장합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.3.2 주요 기계적 성질 시험 항목

1. 인장 강도는

인장 하중 하에서 재료의 최대 지지력을 측정하는 것으로, 텅스텐 합금 링이 파손을 저항하는 능력을 나타냅니다.

- 시험 방법: ASTM E8 또는 GB/T 228 및 기타 사양에 따라 표준 인장 시험기를 사용합니다.
- 샘플 준비: 환형 구조의 특성에 따라 샘플을 구부리고 늘리거나 링 부분을 절단하여 샘플을 준비하는 경우가 많습니다.

2. 항복 강도는

재료가 소성 변형을 겪기 시작하는 응력 값을 나타냅니다. 설계 안전율 계산에 사용되는 핵심 지표입니다.

- 시험 기준은 인장강도와 동일하며, 인장곡선의 항복점에 의해 결정됩니다.

3. 파괴인성은

텅스텐 합금 링이 균열 확산을 저항하는 능력을 측정하며 재료의 인성과 파괴 거동을 반영합니다.

- 시험 방법: 파괴인성 시험은 ASTM E399에 따라 3점 굽힘 시험편 또는 압축 인장 시험편을 사용하여 실시합니다.
- 적용 분야: 충격이나 균열이 있는 경우 텅스텐 합금 링의 안전 성능을 평가하는 데 특히 적합합니다.

4. 경도는

재료 표면이 소성 변형에 저항하는 능력을 나타내는 것으로, 일반적으로 로웰 경도(HR), 비커스 경도(HV) 또는 브리넬 경도(HB)를 사용하여 테스트합니다.

- 시험 장비: 경도 시험기 또는 미소경도 시험기.
- 경도가 높은 합금 링은 일반적으로 내마모성과 내굽힘성이 뛰어납니다.

5. 충격 인성은

충격 하중 하에서 재료가 에너지를 흡수하는 능력을 테스트하고 충격 손상에 대한 재료의 저항성을 평가합니다.

- 시험 표준: 샤르피 충격 시험(ASTM E23)을 사용하며, 적합한 시험편은 특별히 설계되어야 합니다.

6. 피로강도는

반복적인 순환 하중 하에서 텅스텐 합금 링의 내구성을 평가합니다.

- 시험 방법: 피로 시험 장비를 사용하여 회전 굽힘 또는 인장 및 압축 피로 시험을 실시합니다.
- 진동이나 교번 하중 환경에서 사용되는 합금 링.

4.3.3 기계적 성질 시험 과정

1. 샘플 준비: 텅스텐 합금 링은 특수한 모양이므로

시험 항목에 따라 표준 크기의 시험편으로 절단하거나 가공해야 시험 결과의 유효성과 비교성을 보장할 수 있습니다.

2. 장비 교정 및 상태 제어는

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

표준을 충족하는 시험 장비를 사용하고 실온 또는 지정된 온도에서 시험을 수행하여 환경적 요인이 결과에 영향을 미치지 않도록 합니다.

3. 데이터 수집 및 처리에서는

응력-변형 곡선, 충격 에너지 및 기타 데이터를 실시간으로 기록하고 표준 방법을 사용하여 성능 지표를 계산합니다.

4. 결과 평가 및 보고

: 테스트 데이터를 분석하여 설계 또는 업계 표준 요구 사항을 충족하는지 확인하고 자세한 테스트 보고서를 발행합니다.

4.3.4 표준 및 사양

텅스텐 합금 링은 주로 다음의 국제 및 국내 표준을 참조합니다.

- **ASTM 표준**
 - o ASTM E8(인장 시험)
 - o ASTM E23(충격 시험)
 - o ASTM E399(파괴인성)
- **GB/T 표준**
 - o GB/T 228(금속재료의 인장시험 방법)
 - o GB/T 229(충격 시험 방법)
 - o GB/T 6396(파괴인성 시험)
- **ISO 표준**
 - o ISO 6892(금속의 인장 시험)
 - o ISO 148-1(충격 시험)

4.3.5 기계적 특성 시험의 특별한 과제

- **시료 전처리가 어렵습니다.**
텅스텐 합금 링은 형상이 복잡하고 경도가 높아 표준 시료로 가공하려면 고정밀 장비와 공정이 필요합니다.
- **고밀도 재료를 시험하는 장비는**
텅스텐 합금의 밀도가 높고 시험 하중이 높아야 하며, 장비는 충분한 기계적 특성을 갖춰야 합니다.
- **고온 성능 테스트**
텅스텐 합금 링은 종종 고온 환경에서 사용되므로 고온에서의 기계적 성능 테스트를 위해서는 특수한 가열 및 제어 시스템이 필요합니다.

4.4 텅스텐 합금 링의 미세구조 및 결함 검출

텅스텐 합금 링의 미세 조직과 결함은 기계적 특성, 내식성 및 사용 수명에 영향을 미치는 핵심 요소입니다. 미세 조직 관찰 및 결함 검출은 소재의 내부 구조적 특성과 잠재적 품질 문제에 대한 통찰력을 제공하여 공정 최적화 및 품질 관리에 도움을 줍니다. 다음은 텅스텐 합금 링의 미세 조직 분석 방법 및 결함 검출 기법에 대한 자세한 내용입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.4.1 텅스텐 합금 링 미세구조의 중요성

텅스텐 합금 링은 고밀도 텅스텐 입자와 니켈, 철과 같은 결합 금속으로 구성됩니다. 미세구조의 균일성, 입자 크기, 그리고 계면 결합 품질은 기계적 강도와 내구성에 직접적인 영향을 미칩니다. 우수한 미세구조는 다음과 같은 특징을 보입니다.

- 텅스텐 입자는 작고 균일하게 분포되어 있습니다.
- 결합 단계는 연속적이며 단단히 결합됩니다.
- 구멍이나 균열 등 눈에 띄는 내부 결함은 없습니다.

미세구조 분석은 소결 밀도 증가, 열처리 효과, 재료 안정성 등을 평가하는 데 도움이 됩니다.

4.4.2 미세구조 분석 방법

1. 광학 현미경(OM) 관찰

- o 관찰은 분쇄, 연마 및 부식 처리 후 샘플 슬라이스에서 수행되었습니다.
- o 텅스텐 입자, 바인더상의 균일성, 다공성을 확인할 수 있습니다.
- o 종종 예비적 거시조직 평가에 사용됩니다.

2. 주사전자현미경(SEM) 분석

- o 텅스텐 합금 링의 미세 구조적 세부 사항을 고해상도로 관찰합니다 .
- o 입자 경계, 계면 결합 상태 및 작은 결함을 관찰할 수 있습니다.
- o 에너지 분산 분광법(EDS)은 성분 분포를 분석하고 불순물과 2 차상을 식별하는 데 사용할 수 있습니다.

3. X 선 회절(XRD) 테스트

- o 물질의 결정구조와 상조성을 분석하는 데 사용됩니다.
- o 텅스텐과 다른 원소들의 고용체 상태와 상변화를 결정한다 .
- o 재료의 열처리 및 소결 효과를 결정하는 데 도움이 됩니다.

4. 투과전자현미경(TEM)

- o 나노스케일 구조와 결정립 경계.
- o 텅스텐 합금 링의 미세 결함과 격자 변형을 연구하는 데 적합합니다 .

4.4.3 결합 검출 기술

1. 광학 검사

- o 표면 및 표면 근처의 균열과 구멍과 같은 거시적 결함은 현미경을 통해 발견됩니다.

2. 초음파 검사(UT)

- o 초음파는 재료에 침투하여 기공이나 균열과 같은 내부 결함을 감지할 수 있습니다.
- o 두꺼운 벽의 텅스텐 합금 링의 비파괴 검사에 적합합니다 .

3. 엑스레이/컴퓨터 단층촬영(CT)

- o 재료 내부의 기공, 불순물, 균열을 매우 민감하게 감지합니다.
- o 이를 통해 3 차원 결합 이미지를 실현하고 결함 크기와 위치를 정확하게 찾아낼 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4. 자기 입자 검사(MT)

- o 표면 및 표면 아래 균열 감지.
- o 자기 텅스텐 합금 링의 결함 검사.

5. 침투 테스트(PT)

- o 특히 비자성 재료의 표면 미세균열과 구멍을 감지합니다.
- o 간단하고 빠르지만 표면 결함에만 적합합니다.

4.4.4 미세구조 및 결함이 성능에 미치는 영향

- 기공 및 균열 : 재료의 밀도를 감소시키고, 응력 집중점이 되며, 피로 파괴 및 강도 저하로 쉽게 이어진다.
- 입자 응집 및 불균일한 분포 : 국부적으로 불균일한 기계적 특성이 발생하고 전반적인 성능 일관성이 저하됩니다.
- 불량한 계면 접합 : 하중 전달 효율성에 영향을 미치고 강도와 인성을 감소시킵니다.
- 불순물 및 2 차상 의 침전 : 부식 및 성능 저하를 일으킬 수 있습니다.

4.4.5 품질 관리 및 프로세스 최적화 권장 사항

- 균일한 구성을 보장하기 위해 분말 제조 및 혼합 공정을 최적화합니다.
- 소결 온도와 시간을 제어하여 밀도 수준을 개선합니다.
- 적절한 열처리 공정을 사용하여 미세구조와 계면 결함을 개선합니다.
- 비파괴 검사를 강화하여 결함을 적시에 탐지하고 제거합니다.



제 5 장 텅스텐 합금 링의 응용 기술 및 사례

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.1 항공우주 분야에서 텅스텐 합금 링의 적용

텅스텐 합금 링은 높은 밀도, 고강도, 그리고 뛰어난 고온 내성을 갖춰 항공우주 산업에서 필수적인 소재로 자리 잡았습니다. 텅스텐 합금 링은 고유한 물리적 및 화학적 특성으로 인해 다양한 핵심 부품 및 시스템에 사용되어 항공기의 안전성, 안정성, 그리고 성능을 보장합니다.

5.1.1 고밀도 카운터웨이트 링의 적용

항공우주 산업은 정밀한 중량 제어와 우수한 고온 및 내식성을 요구하는 균형추 소재에 대한 요구 사항이 매우 높습니다. 텅스텐 합금 링은 높은 비중으로 인해 이상적인 균형추로 사용되며, 다음과 같은 분야에서 일반적으로 사용됩니다.

- **관성 측정 장치(IMU)의 로터 밸런스 웨이트**
로 사용되어 자이로스코프와 가속도계의 정확도를 보장하고 항공기 항법의 안정성과 신뢰성을 향상시킬 수 있습니다.
- **비행 조종 시스템의 밸런스 블록**
, 항공기 조종면, 서보 내의 균형추 링은 중량 분포를 효과적으로 조절하고, 조종면의 감도와 응답 속도를 보장하며, 비행 성능을 향상시킵니다.

5.1.2 고온 내마모 링

항공기 엔진과 같은 고온 환경에서는 부품에 내열성과 내마모성이 매우 요구됩니다. 텅스텐 합금 링은 우수한 고온 안정성과 내마모성을 갖추고 있으며, 다음과 같은 용도에 적합합니다.

- **가스터빈 엔진의 고온 베어링용**
텅스텐 합금 링은 베어링 및 쉘로 사용됩니다. 고온 및 고속 작동 환경을 견뎌내고 마모를 줄이며 부품 수명을 연장할 수 있습니다.
- **엔진 공기 흐름 가이드 시스템에는 고온 가이드 링과 실링 링이 사용됩니다.**
텅스텐 합금 링은 밀봉 성능과 공기 흐름 안정성을 효과적으로 보장하여 엔진 효율을 향상시킵니다.

5.1.3 방사선 차단 및 차폐 링

우주선과 위성은 종종 강력한 우주 방사선에 노출됩니다. 텅스텐 합금 링은 다음과 같은 분야에서 널리 사용됩니다.

- **우주선 방사선 차폐 링은**
전자 장비와 민감한 계측기를 고에너지 입자와 방사선으로부터 손상으로부터 보호하여 장비의 안정적인 작동을 보장합니다.
- **원자력 시스템의 구조적 링**
원자력 우주선에서는 텅스텐 합금 링이 중성자 흡수체와 방사선 차폐 링으로 사용되어 시스템 안전성을 강화합니다.

5.1.4 구조적 연결 및 고강도 패스너

텅스텐 합금 링은 높은 강도와 높은 탄성 계수의 기계적 특성을 가지고 있어 다음을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

포함한 주요 구조적 연결 구성 요소에 적합합니다.

- **고하중 연결 링은**
극한의 기계적 하중을 견뎌내고 항공기의 전반적인 강도를 보장합니다.
- **진동 방지 버퍼 링은**
진동 전달을 줄여 비행 안전성과 승차감을 향상시킵니다.

5.1.5 일반적인 사례 분석

- **특정 유형의 군용 위성 균형추 시스템은**
텅스텐 합금 링을 핵심 균형추 구성 요소로 사용하여 위성 자세를 정밀하게 제어하고 궤도 조정 효율성을 개선합니다.
- **특정 유형의 제트 엔진의 고온 밀봉 링에서**
기존 소재를 대체하여 사용되어 밀봉 온도 저항성을 개선하고 엔진 유지 관리 주기를 연장합니다.
- **우주선 방사선 방호 장치는**
텅스텐 합금 링과 복합 재료를 결합하여 다층 보호 구조를 구축하여 우주 방사선을 효과적으로 차폐합니다.

5.2 에너지 및 핵 산업에서의 텅스텐 합금 링의 적용

텅스텐 합금 링은 높은 밀도, 고강도, 그리고 뛰어난 내방사선성과 내열성을 갖춰 에너지 및 원자력 산업에서 대체 불가능한 중요한 소재로 자리 잡았습니다. 원자로 구조물, 중성자 흡수체, 방사선 차폐 등 핵심 분야에 널리 사용되면서 원자력 시설의 안전성, 안정성 및 사용 수명이 크게 향상되었습니다.

5.2.1 원자로의 중성자 흡수 링

텅스텐 합금 링은 강력한 중성자 흡수 능력을 가지고 있으며 종종 원자로의 제어 및 안전 시스템에 사용됩니다.

- **원자로 제어봉이나 안전봉을 제조할 때, 텅스텐 합금**
링은 핵반응 속도를 효과적으로 조절하고 원자로 운영의 안정성과 안전성을 보장하는 중요한 흡수재입니다.
- **방사선 차폐 링은**
원자로 중심부 주변에 사용되어 중성자와 감마선 누출을 방지하고 주변 장비와 인력을 방사선 위험으로부터 보호합니다.

5.2.2 고온 구조 링

원자력 산업의 많은 장비는 고온 환경에서 장시간 작동합니다. 텅스텐 합금 링은 다음과 같은 분야에서 널리 사용됩니다.

- **핵연료 집합체 지지 링은**
핵연료봉을 지지하고 고정하고, 방사선 및 열 응력을 견디며, 핵연료 집합체의 구조적 무결성을 보장하는 데 사용됩니다.
- **고온 가이드 링과 쉘은**
원자로 냉각 시스템 및 보조 장비에 사용되어 유체 유도 및 밀봉 성능을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

보장하고 장비 효율성과 안전성을 향상시킵니다.

5.2.3 방사성 폐기물 취급 장비의 보호 링

텅스텐 합금 링은 방사성 폐기물 처리 및 저장 장비에서 중요한 보호 역할을 합니다.

- 방사선 차폐 링은

다양한 방사선 차폐 구조로 제작되어 방사성 물질에서 방출되는 고에너지 입자를 효과적으로 차단하고 환경적 안전을 보장합니다.

- 부식 방지 보호 링은

폐기물 저장 용기의 주요 구역에 사용되어 부식과 방사선으로 인한 재료 저하를 방지합니다.

5.2.4 원자력 시스템의 핵심 구성 요소

텅스텐 합금 링은 핵잠수함 및 핵항공모함 전력 시스템과 같은 원자력 발전소의 핵심 구성품 제조에도 사용됩니다.

- 동적 밸런싱 웨이트는

고속에서 회전하는 기계 부품의 안정적인 작동을 보장합니다.

- 고강도 연결부와 밀봉 링은

강력한 기계적 응력과 방사선 환경을 견뎌내므로 시스템의 안전성과 안정성이 보장됩니다.

5.2.5 일반적인 적용 사례

- 원자력 발전소의 텅스텐 합금 링은

고순도 텅스텐 합금 링을 사용하여 제어봉의 핵심 구성품을 제조하는데, 이를 통해 핵반응의 정밀한 제어를 달성하고 발전소의 안전하고 안정적인 운영을 보장할 수 있습니다.

- 텅스텐 합금 링 으로 제작되어

다층 보호 구조를 형성하여 방사선을 효과적으로 차단하고 저장탱크의 수명을 연장합니다.

- 원자력선박의 고온 밀봉링은

고온 환경에서도 뛰어난 밀봉 성능을 유지하여 전력계통의 효율적이고 안전한 작동을 보장합니다.

5.3 기계 제조 및 군사 장비에서의 텅스텐 합금 링의 적용

텅스텐 합금 링은 높은 밀도, 고강도, 그리고 뛰어난 내마모성으로 기계 제조 및 군수 장비에 널리 사용됩니다. 텅스텐 합금 링은 구조적 지지, 균형추 및 보호에 핵심적인 역할을 하며, 복잡한 작업 조건에서 엄격한 재료 성능 요건을 충족합니다.

5.3.1 기계 제조에 있어서 텅스텐 합금 링의 적용

- 고강도 기계 베어링

링은 고하중 기계 베어링의 핵심 부품을 제조하는 데 사용됩니다. 뛰어난 내마모성과 높은 밀도로 베어링의 내구성과 안정성을 효과적으로 향상시키고,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

고하중 및 고속 작동 조건에도 적합합니다.

- **정밀 기계식 균형추 링은**
텅스텐 합금의 높은 비중을 활용하여 기계 장비의 균형추 링을 제조하여 기계의 동적 균형을 달성하고 진동을 줄이며 장비 작동의 정확도와 안정성을 향상시킵니다.
- **내마모성 부싱 및 실링 링**
텅스텐 합금 링은 내마모성이 우수하여 기계 장비의 취약한 부품에 부싱과 실링 링을 만드는 데 자주 사용되며, 장비의 유지 보수 주기를 연장하고 운영 비용을 절감합니다.
- **합금 링은 고정밀 공작 기계의 구성품을 지지하고 안내하여**
공작 기계의 가공 정확도와 안정성을 보장하고 정밀 제조에 필요한 높은 재료 성능 표준을 충족하는 데 사용됩니다.

5.3.2 군용 장비에 텅스텐 합금 링의 적용

- **장갑 관통 발사체 코어,**
텅스텐 합금 링은 높은 경도와 높은 밀도로 인해 현대 방위 무기의 핵심 소재로 사용되며 관통력과 파괴력을 향상시킬 수 있습니다.
- **관성 미사일 균형추 링은**
미사일 관성 항법 시스템에 사용됩니다. 텅스텐 합금 링은 비행 안정성과 유도 정확도를 보장하는 정밀 균형추로 사용됩니다. 고급 군용 장비의 핵심 부품으로, 텅스텐 합금 링은 정밀 균형추에 사용됩니다.
- **보호 장갑 및 차폐 링**
텅스텐 합금 링은 군용 차량 및 장비의 장갑 구조에 널리 사용되어, 효율적인 관통 방지 및 충격 방지 보호를 제공하고 장비의 생존성을 향상시킵니다.
- **탄두와 사격 통제 시스템의 기계 부품은**
사격 통제 시스템의 정밀 기계 링을 제조하는 데 사용되며, 극한 환경에서의 높은 강도와 고정밀 요구 사항을 충족하고 무기 시스템의 안정적인 작동을 보장합니다.

5.3.3 텅스텐 합금 링의 일반적인 군사 사례

- **특정 유형의 장갑관통탄의 텅스텐 합금 링 코어는**
고경도 텅스텐 합금 링 소재를 채택하여 장갑관통탄의 관통력과 운동에너지 변환 효율을 개선하여 전투 효율성을 효과적으로 향상시킵니다.
- **관성 항법 시스템용 텅스텐 합금 링 카운터웨이트 . 텅스텐**
합금 링은 카운터웨이트의 균일성과 치수 정확도를 달성하기 위해 정밀 가공되어 미사일 유도 시스템의 정확성을 보장합니다.
- **합금 링은 장갑차의 보호 구조**
에서 핵심 구성품으로 사용되어 장갑의 보호 성능과 내구성을 크게 향상시킵니다.

5.4 전자 및 의료 기기에 대한 텅스텐 합금 링의 적용

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

텅스텐 합금 링은 높은 밀도, 뛰어난 기계적 특성, 그리고 뛰어난 내방사선성을 갖추고 있어 전자 기기 및 의료 장비의 핵심 기능성 부품 소재로 자리 잡고 있습니다. 텅스텐 합금 링은 제품 성능 향상에 중요한 역할을 할 뿐만 아니라, 최신 첨단 기술 응용 분야의 엄격한 재료 안정성 및 안전성 요건을 충족합니다.

5.4.1 전자 장치에서 텅스텐 합금 링의 적용

- 텅스텐 합금 차폐 링은 뛰어난 내방사선성과 전자파 차폐 성능으로 인해 전자 기기의 차폐재로 자주 사용됩니다. 특히 고주파 및 고전력 기기에서 전자파 간섭(EMI)을 효과적으로 줄이고 장비의 안정적인 작동을 보장합니다.
- 텅스텐 합금 링은 뛰어난 열전도도를 자랑하여 전자 기기의 방열 구조에 이상적인 선택입니다. 효율적인 열전도도와 열용량을 통해 핵심 부품의 열을 빠르게 방출하고 전자 시스템의 신뢰성과 수명을 향상시킵니다.
- 정밀 전자 기기
의 기계적 구조에 사용되어 위치 지정, 지지 및 균형추 기능을 수행하여 기기의 작동 정확성과 장기적 안정성을 보장합니다.

5.4.2 의료기기에 텅스텐 합금 링의 적용

- 텅스텐 합금 링은 높은 밀도와 뛰어난 방사선 차폐 성능으로 방사선 치료 장비에 널리 사용됩니다. 텅스텐 합금 링은 방사선 누출을 방지하고 의료진과 환자의 안전을 보장하는 데 사용됩니다.
- 의료 영상 장비의 균형추 및 안정화 링
CT 및 X 선 장비와 같은 의료 영상 장비에서는 텅스텐 합금 링을 사용하여 장비의 기계적 균형과 안정성을 확보하고, 영상 정확도와 작동 감도를 향상시킵니다.
- 텅스텐 합금 링은 고정밀 의료 기기의 기계 부품에 사용되어 내마모성과 내부식성 성능을 제공하여 의료 환경에서 재료 위생과 내구성이라는 두 가지 요구 사항을 충족합니다.
- 방사성 동위원소 포장 및 보호 구성품
텅스텐 합금 링은 방사성 동위원소 용기의 보호 링 역할을 하며, 차폐 및 기계적 보호에 중요한 역할을 하며, 의료 분야에서 동위원소의 안전성과 안정성을 보장합니다.

5.4.3 일반적인 사례 및 개발 동향

- 방사선 치료 장치의 텅스텐 합금 차폐 링은
고밀도 텅스텐 합금 링을 사용하여 방사선 누출을 효과적으로 줄이고 장비의 보호 수준을 향상시킵니다.
- 의료용 전자 기기용 텅스텐 합금 균형추 링
정밀 가공된 텅스텐 합금 링은 기기에 사용되어 안정적인 작동과 측정

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

정확도를 보장합니다.

- 새로운 텅스텐 합금 기능성 링

텅스텐 합금 링은 표면 코팅과 미세 구조 설계를 결합하여 항균, 부식 방지 및 고온 내구성과 같은 전자 및 의료 기기에서의 다기능 적응성을 강화합니다.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

CTIA GROUP LTD

High-Density Tungsten Alloy Customization Service

CTIA GROUP LTD, a customization expert in high-density tungsten alloy design and production with 30 years of experience.

Core advantages: 30 years of experience: deeply familiar with tungsten alloy production, mature technology.

Precision customization: support high density (17-19 g/cm³), special performance, complex structure, super large and very small parts design and production.

Quality cost: optimized design, optimal mold and processing mode, excellent cost performance.

Advanced capabilities: advanced production equipment, RMI, ISO 9001 certification.

100,000+ customers

Widely involved, covering aerospace, military industry, medical equipment, energy industry, sports and entertainment and other fields.

Service commitment

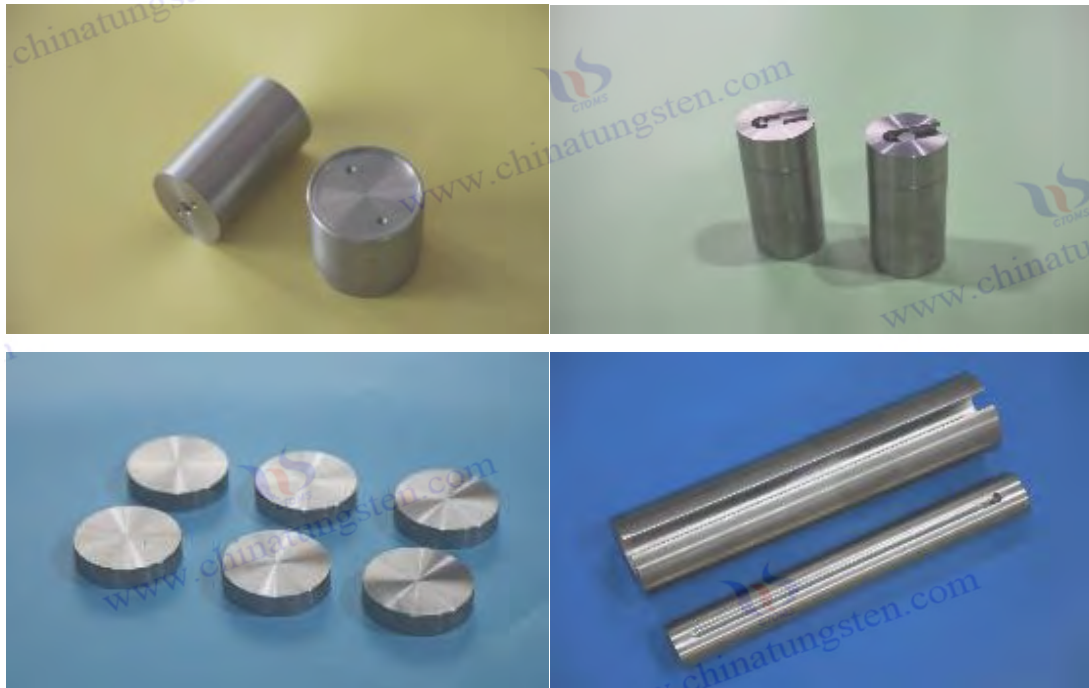
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: sales@chinatungsten.com

Tel: +86 592 5129696

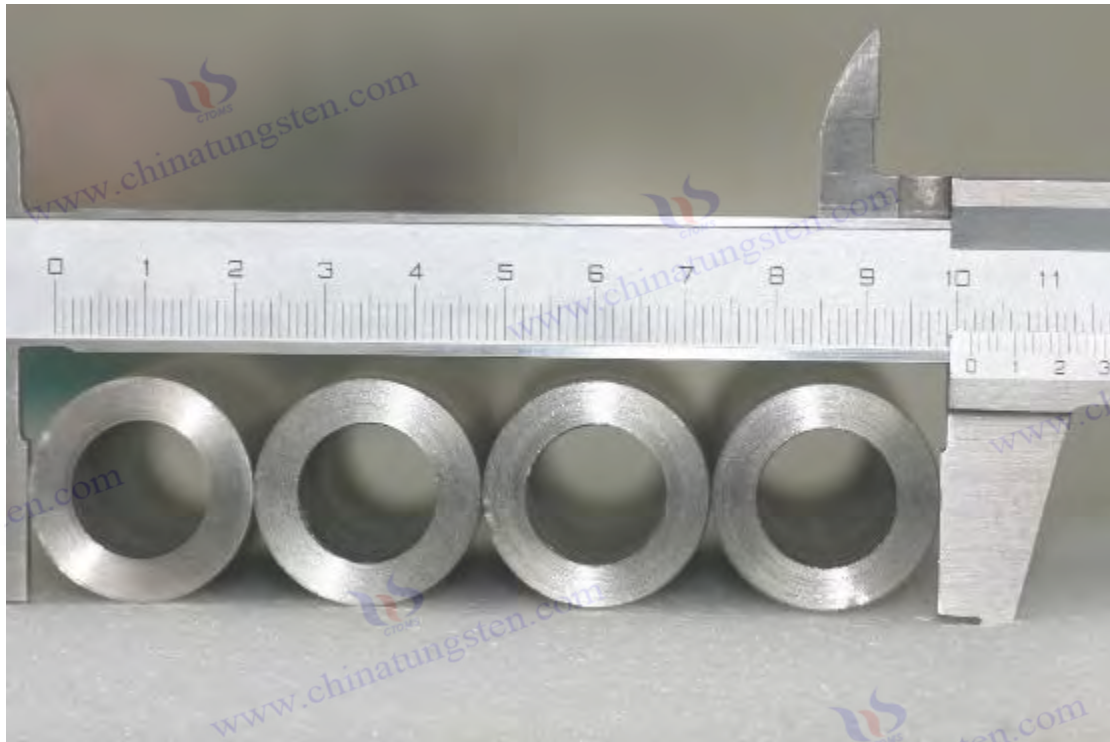
Official website: www.tungsten-alloy.com



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



제 6 장 텅스텐 합금 링에 대한 국제 표준 및 산업 사양

6.1 텅스텐 합금 링에 대한 주요 국제 표준

텅스텐 합금 링은 제품의 품질, 성능 및 안전성이 세계 시장의 요구를 충족하도록 일련의 국제 표준 및 산업 규격을 준수해야 합니다. 현재 텅스텐 합금 링 분야의 주요 국제 표준은 다음과 같습니다 .

6.1.1 ASTM(미국재료시험학회) 표준

- **ASTM B777** — 텅스텐 및 텅스텐 합금 제품 표준 규격
 . 이 표준은 텅스텐 합금 재료의 조성, 특성, 제조 공정 및 시험 방법을 다룹니다. 텅스텐 합금 링 및 기타 제품의 기계적 특성, 밀도, 치수 정확도 및 기타 측면에 대한 기술적 요건을 정의합니다. 미국 및 전 세계 제조업체에서 널리 채택되고 있습니다.
- **ASTM E3** - 금속 시편 준비는
 금속학적 분석 및 미세 구조 관찰을 위한 텅스텐 합금 링의 시편 준비 사양을 다루며, 정확하고 일관된 재료 성능 평가를 보장합니다.
- **ASTM E8/E8M** - 금속 재료 인장 시험 표준은 텅스텐 합금 링 의 기계적 특성 시험에 적용되며 인장 강도, 항복 강도, 파단 후 신장과 같은 주요 지표에 대한 결정 방법을 지정합니다.

6.1.2 ISO(국제표준화기구) 표준

- **ISO 9001** — 품질 경영 시스템
 . 이 표준은 텅스텐 합금 링 제조업체에서 널리 채택되어 설계, 조달, 생산,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

납품까지 제품 품질에 대한 전체 프로세스가 관리되고 국제 고객의 품질 요구 사항을 충족함을 보장합니다.

- **ISO 6507** - 금속 경도 시험은 텅스텐 합금 링의 비커스 경도를 결정하여 정확하고 반복 가능한 경도 시험을 보장하는 것을 다룹니다.
- **ISO 6508** - 금속의 브리넬 경도 시험이 표준은 텅스텐 합금 링의 경도를 시험하는 데에도 사용되며, 특히 두꺼운 링을 시험하는 데 적합합니다.

6.1.3 MIL(미국 군사 표준)

- **MIL-STD-810** - 환경 공학 고려 사항 및 실험실 테스트 방법
텅스텐 합금 링은 군사 및 항공 우주 분야에서 널리 사용되고 있으며 고온 및 저온, 충격 및 진동, 부식과 같은 극한 환경 조건에 대한 저항성에 대한 이 표준의 엄격한 테스트 요구 사항을 충족해야 합니다.
- **MIL-STD-883** - 마이크로 전자 장치 및 재료 테스트
텅스텐 합금 링이 고정밀 전자 부품 구조에 사용되는 경우 이 군용 표준에 따라 관련 성능 테스트를 수행해야 합니다.

6.1.4 중국 국가 표준(GB/T)

- **GB/T 3877** — 텅스텐 및 텅스텐 합금 소재
텅스텐 합금 링의 국내 제조 및 검사를 위한 기본 표준입니다. 조성, 기계적 성질, 치수 공차 등의 기술 지표를 포괄하며, 국내 텅스텐 합금 링의 품질 향상을 촉진합니다.
- **GB/T 14654** - 금속 재료의 인장 시험 방법은 텅스텐 합금 링의 기계적 특성 시험을 위한 기술적 요구 사항과 시험 절차를 지정하여 제품 성능이 설계 표준을 충족하는지 확인합니다.

6.1.5 산업 표준 및 기술 사양

- **항공우주 소재 산업 표준**
항공우주 분야에서 사용되는 텅스텐 합금 링은 일반적으로 재료의 안전성과 신뢰성을 보장하기 위해 AS9100 품질 시스템 요구 사항과 관련 산업 표준(예: SAE 표준)을 준수해야 합니다.
- **핵 산업 재료 사양**
텅스텐 합금 링이 핵 반응기 보호 구조물에 사용되는 경우 관련 방사선 방호 성능 시험 표준 등 핵 산업별 재료 사양도 준수해야 합니다.

6.1.6 환경 보호 및 안전 규정 및 표준

- **RoHS 지침** (EU의 유해물질 제한 지침)
텅스텐 합금 링 제품은 EU 시장에 진출할 때 납, 수은 등 유해 물질의 사용을 제한하는 RoHS 환경 보호 요구 사항을 준수해야 합니다.
- **REACH 규정** (EU의 화학물질 등록, 평가, 허가 및 제한 규정)을
준수하여 자사 제품의 화학 조성이 규정을 준수하고 안전함을 보장해야

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

합니다.

6.2 텅스텐 합금 링에 대한 국내 표준 및 시험 규격

중국 텅스텐 합금 링 산업의 급속한 발전에 따라, 국가 상황에 부합하는 표준 시스템을 구축하고 개선하는 것은 기술 발전 촉진, 제품 품질 보장, 그리고 시장 규제 강화를 위한 중요한 조치로 자리 잡았습니다. 본 절에서는 중국 텅스텐 합금 링 관련 국가 표준(GB), 산업 표준(YS) 및 주요 시험 규격을 중점적으로 살펴보고, 이를 통해 제조 및 검사의 기술적 기반을 마련하고자 합니다.

6.2.1 텅스텐 합금 링에 대한 국가 표준(GB)

- **GB/T 3877—텅스텐 및 텅스텐 합금 재료**

이 표준은 텅스텐 합금 링 재료의 화학적 조성, 기계적 성질, 물리적 성질 및 기타 기술 지표를 명시합니다. 텅스텐 함량, 밀도, 경도, 인장 강도와 같은 주요 매개변수를 포괄하여 재료 성능의 안정성과 일관성을 보장합니다. 이는 중국에서 텅스텐 합금 링 재료의 시험 및 승인을 위한 기본 표준입니다.

- **GB/T 14654—금속 재료 인장 시험 방법 이 표준은 텅스텐 합금**

링의 기계적 특성 시험 방법을 자세히 지정하여 인장 강도, 항복 강도, 파단 후 신장과 같은 성능 지표에 대한 정확하고 균일한 시험을 보장합니다.

- **GB/T 10561—금속 재료 경도 시험 비커스 경도법은**

텅스텐 합금 링 경도 측정에 적용됩니다. 이 시험은 경도 시험의 과학적 특성과 비교 가능성을 보장하기 위해 시험 조건, 측정 절차 및 데이터 처리 방법을 제공합니다.

- **GB/T 11345—비파괴 검사 초음파 검사 방법은**

텅스텐 합금 링의 내부 결함에 대한 초음파 검사 기술 사양을 제공합니다. 이 기술은 링 소재 내부의 기공 및 균열과 같은 숨겨진 결함을 감지하여 제품의 품질 관리 수준을 향상시키는 데 적합합니다.

6.2.2 텅스텐 합금 링(YS) 산업 표준

- **YS/T 200 시리즈 - 텅스텐 합금 및 그 제품 산업 표준은**

국가 비철금속 산업에서 제정되었습니다. 텅스텐 합금 링의 재료 사양, 성능 요건 및 시험 방법을 포괄하며, 다양한 용도에 맞춰 텅스텐 합금 링의 기술 지표를 개선합니다. 군사 및 항공과 같은 핵심 산업에 적합합니다.

- **YS/T 415—텅스텐 합금 링 치수 및 허용 오차 표준은**

제품 가공 정확도와 조립 성능을 보장하기 위해 텅스텐 합금 링의 기하학적 치수, 벽 두께 균일성 및 동축성에 대한 테스트 요구 사항을 지정합니다.

6.2.3 주요 시험 사양 및 기술 요구 사항

- **화학 성분 분석은**

분광 분석(ICP-OES 등), X 선 형광 분광법(XRF) 및 원소 분석기(ONH 분석)를 사용하여 텅스텐 합금 링의 텅스텐, 니켈, 철 및 불순물 원소 함량이 표준 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- **물리적 특성 시험은**
밀도 측정기, 미세 구조 분석(광학 현미경, 주사 전자 현미경, SEM) 등을 이용하여 재료의 밀도와 내부 구조를 평가합니다.
- **기계적 성능 시험**
에는 인장 시험, 경도 시험(비커스 경도, 로크웰 경도, 브리넬 경도) 및 충격 시험이 포함되며, 이는 텅스텐 합금 링이 필요한 강도와 인성을 갖추고 있는지 확인하기 위해 관련 GB/T 표준에 따라 엄격하게 수행됩니다.
- **비파괴 검사 기술은**
초음파 검사, X 선 검사, 자기 입자 검사 및 기타 수단을 사용하여 텅스텐 합금 링의 내부 및 표면 결함을 평가하여 제품의 무결성과 신뢰성을 보장합니다.
- **표면 품질 검사는**
3 차원 프로파일로미터와 거칠기 측정기를 사용하여 표면 거칠기와 코팅 접착력을 테스트하여 표면 처리 공정이 설계 요구 사항을 충족하는지 확인하고 링 소재의 내구성과 기능성을 개선합니다.

6.2.4 품질경영시스템 및 인증

- **ISO 9001 품질경영시스템**
국내 텅스텐 합금 링 제조업체 대부분은 ISO 9001 인증을 통과하여 표준화된 생산 공정과 품질 관리 를 보장하고 , 원산지부터 제품 품질을 보장합니다.
- **산업별 인증은**
항공 및 군수 산업과 같은 특수 응용 분야를 대상으로 합니다. 기업은 엄격한 안전 및 신뢰성 요건을 충족하기 위해 항공 분야의 AS9100 인증과 같은 해당 품질 관리 표준을 준수해야 합니다.

6.3 CTIA GROUP 에서 제작한 텅스텐 합금 링의 품질 기준

중국 텅스텐 합금 산업의 선도 기업인 CTIA 그룹은 텅스텐 합금 링의 연구, 개발 및 제조 분야에서 풍부한 경험과 첨단 기술을 자랑합니다. CTIA 그룹은 국가 및 업계 규정을 엄격히 준수하여 텅스텐 합금 링의 품질 기준을 개발하고 실행합니다. 이러한 시스템은 수년간 축적된 기술 전문성과 고객 요구 사항을 결합하여 포괄적이고 경쟁력 있는 품질 관리 시스템을 구축했습니다.

6.3.1 재료 구성 및 공정 표준

- CTIA 그룹은 고순도 텅스텐 분말과 고품질 니켈, 철 및 기타 합금 원소를 사용하여 텅스텐 합금 링의 화학 조성을 안정적으로 유지합니다. 불순물 함량은 업계 최고 수준으로 엄격하게 관리되어 재료 성능의 균일성과 신뢰성을 보장합니다.
- **성분 테스트는**
ICP-OES, XRF 와 같은 고급 분석 장비를 사용하여 합금 원소를 정확하게 감지하여 각 재료 배치가 설계된 비율을 충족하고 제품 성능 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.
- **공정 사양은**

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

독립적으로 개발된 분말 야금 기술, 소결 기술 및 정밀 가공 공정을 채택하여 텅스텐 합금 링의 밀도, 기계적 성질 및 치수 정확도가 국제적으로 선진 수준에 도달하도록 보장합니다.

6.3.2 성과지표 기준

- 밀도 및 치밀성 텅스텐 합금 링의 실제 밀도는 이론 밀도의 98% 이상에 가깝고, 높은 수준의 치밀화는 제품이 우수한 기계적 강도와 안정적인 물리적 특성을 갖도록 보장합니다.
- 중통(Zhongtung) 에서 제조한 텅스텐 합금 링 지능형 제조는 GB 및 YS 산업 표준을 충족하거나 능가합니다. 경도는 고하중 및 고강도 응용 분야의 요건을 충족하는 이상적인 범위 내에서 제어됩니다.
- 치수 및 허용오차:
제품 치수 정확도는 $\pm 0.01\text{mm}$ 이내로 엄격하게 관리되며, 벽 두께 균일성과 동축성은 고급 장비의 정밀 조립 요구 사항을 충족합니다.

6.3.3 표면 품질 및 결함 관리

- 표면 거칠기 텅스텐 합금 링 의 내외부 표면은 여러 차례의 연마 및 가공 공정을 거치며 , 표면 거칠기 Ra 값은 $0.2\mu\text{m}$ 이내로 제어되어 양호한 접촉 성능과 내마모성을 보장합니다.
- 결함 탐지는 초음파, X 선, CT 스캔 등 다양한 비파괴 검사 기술을 활용하여 기공, 균열, 이물질 등 내부 및 외부 결함이 없는지 확인하여 제품의 신뢰성과 수명을 향상시킵니다.

6.3.4 품질경영시스템

- 전 공정 품질 관리
CTIA 그룹은 원자재 입고 검사, 공정 품질 모니터링, 완제품 출고 검사로 구성된 3 단계 품질 관리 시스템을 구축하고 있습니다. 최신 시험 장비와 자동화된 모니터링 장비를 통해 실시간으로 제품 품질을 보장합니다.
- 인증 시스템
당사는 ISO 9001, AS9100 등 국제 품질 경영 시스템 인증을 획득했습니다. 일부 제품은 RoHS 및 REACH 환경 보호 요건을 준수하여 글로벌 시장의 규정 준수 기준을 충족합니다.

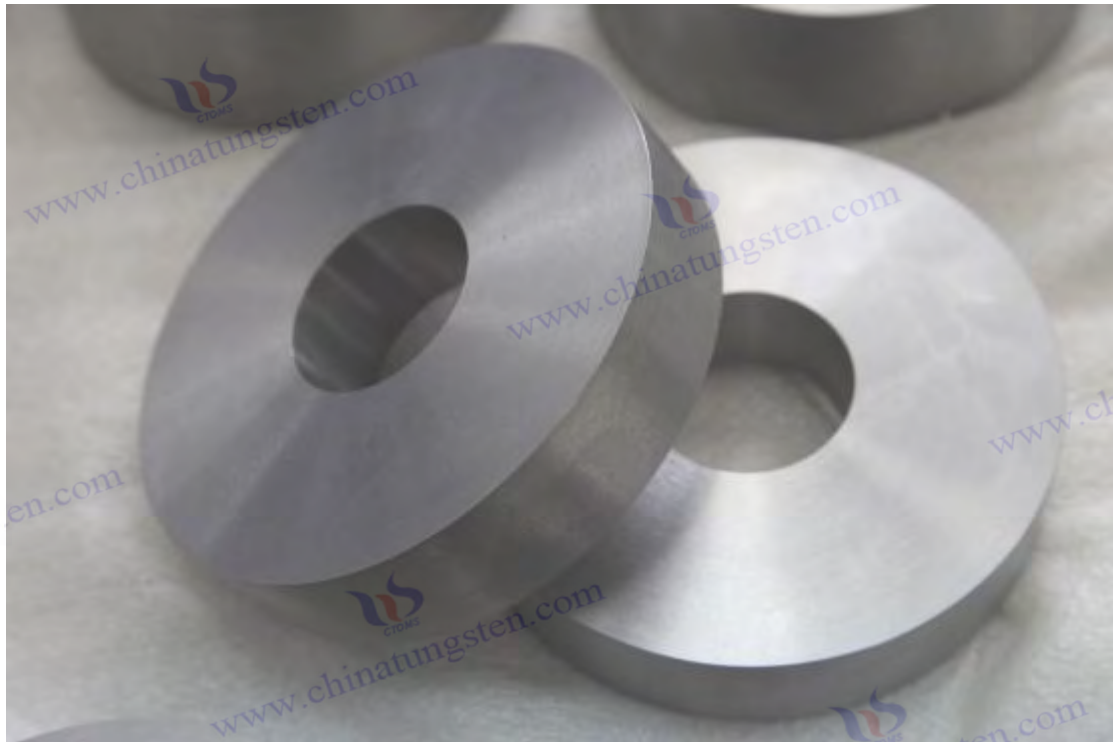
6.3.5 고객 맞춤형 서비스 및 특별 요청 대응

- 맞춤형 서비스
는 항공우주, 원자력, 군수 산업 등 첨단 분야를 대상으로 합니다. CTIA 그룹은 고객의 특별한 요구에 따라 합금 성분, 공정 매개변수, 품질 지표를 조정하여 맞춤형 텅스텐 합금 링 솔루션을 제공합니다.
- 기술 지원
당사는 전문적인 R&D 및 품질 관리 팀을 갖추고 고객에게 기술 컨설팅, 테스트 지원 및 애프터 서비스를 제공하여 실제 적용 시 텅스텐 합금 링

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

제품의 성능 안정성과 안전성을 보장합니다.





제 7 장 텅스텐 합금 링의 시장 및 경제 분석

7.1 텅스텐 합금 링의 글로벌 시장 환경

텅스텐 합금 링은 뛰어난 밀도, 강도, 그리고 고온 내성을 갖추고 있어 항공우주, 군사, 원자력, 의료 등 첨단 분야에서 널리 사용되고 있습니다. 세계 첨단 제조 산업의 급속한 발전에 따라 텅스텐 합금 링 시장은 다층적, 다지역적 패턴을 보이고 있으며, 이는 주로 다음과 같은 측면에서 나타납니다.

7.1.1 글로벌 텅스텐 자원 분포 및 공급망 영향

세계 텅스텐 자원은 주로 중국, 러시아, 베트남, 캐나다, 오스트리아 등에 집중되어 있습니다. 세계 최대 텅스텐 광석 생산국이자 생산국인 중국은 세계 텅스텐 시장을 장악하고 있으며, 전 세계 생산량의 80% 이상을 차지합니다. 중국의 풍부한 텅스텐 자원은 세계 텅스텐 합금 링 생산을 위한 탄탄한 원자재 기반을 제공합니다. 동시에, 자원의 지리적 분포는 텅스텐 합금 링의 공급망에 상당한 영향을 미칩니다. 텅스텐 광석 자원의 집중은 원자재 가격 변동과 공급 위험을 초래하여 각국이 텅스텐 자원의 전략적 비축 및 재활용을 가속화하고 텅스텐 합금 링 산업 체인의 안정적인 발전을 촉진하고 있습니다.

7.1.2 주요 생산지역 및 산업클러스터

텅스텐 합금 링은 중국 광둥성, 장쑤성, 후난성, 장시성 등의 지역과 유럽, 미국, 일본, 한국의 엄선된 고급 제조 기업에 소재하고 있습니다. 이 지역들은 텅스텐 분말 제조, 합금 제련, 분말 야금, 정밀 가공에 이르기까지 효율적인 제조 시스템을 구축하여 완벽한 텅스텐 합금 생산 산업 체인을 구축했습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

중국 기업들은 자원 우위와 비용 통제력을 활용하여 중저가 텅스텐 합금 링 시장을 장악하고 있습니다. 반면 유럽, 미국, 일본, 한국은 고급 텅스텐 합금 링의 연구 개발 및 제조에 더욱 집중하고, 기술 혁신과 품질 관리를 강조하며 차별화된 경쟁 환경을 조성하고 있습니다.

7.1.3 시장 수요 구조 및 터미널 산업 분포

텅스텐 합금 링은 주로 다음과 같은 주요 분야에서 생산됩니다.

- **항공우주** : 고강도 균형추, 관성 항법 장비, 고온 구조 부품 등에 사용되며, 매우 높은 재료 성능과 신뢰성이 요구됩니다.
- **군수 산업** : 텅스텐 합금 링은 장갑 관통 발사체 코어, 미사일 꼬리 구성 요소 및 고강도 기계 부품에 널리 사용되어 고성능 무기 시스템에서 그 중요성을 반영합니다.
- **핵에너지 산업** : 텅스텐 합금 링은 차폐재 및 구조적 구성 요소로 사용되며, 우수한 방사선 보호 및 고온 저항 특성을 가지고 있습니다.
- **의료 장비** : 방사선 치료 장비의 보호 및 위치 지정 구조에 대한 수요가 급속히 증가하면서 텅스텐 합금 링 시장이 확대되고 있습니다.
- **정밀기계 및 전자** : 텅스텐 합금 링은 고정밀 기계 부품 및 전자 방열 구조에 사용되며, 전자 산업의 발전과 함께 계속해서 성장하고 있습니다.

7.1.4 경쟁 환경 및 시장 집중도

텅스텐 합금 링 시장은 고도로 집중되어 있으며, CTIA 그룹과 중국 몰리브덴(CMOC)과 같은 중국 우수 기업들이 시장 점유율을 선도하고 있어 산업 체인의 상류 및 하류 부문 간의 긴밀한 협력을 촉진하고 있습니다. 세계적인 유명 기업들은 기술적 우위와 브랜드 영향력을 활용하여 고급 시장 부문을 장악하고 있습니다.

기술 장벽이 높아지고 환경 보호 요구가 강화됨에 따라 시장 진입 문턱이 점차 높아지고 있습니다. 신흥 기업들은 치열한 경쟁에서 우위를 점하기 위해 R&D 투자와 품질 관리를 강화해야 합니다.

7.1.5 시장 개발 동향 및 과제

- **녹색 제조와 환경적 압박** : 텅스텐 합금 링의 생산 공정은 에너지 소비가 많고 환경적 부담이 크기 때문에 기업들은 녹색 공정과 재활용 기술에 대한 연구 개발을 가속화하고 있습니다.
- **기술 혁신에 힘 입어** 새로운 소재와 새로운 공정(나노 강화 및 적층 제조 등)이 계속해서 등장하여 텅스텐 합금 링의 성능 업그레이드와 응용 분야 확장을 촉진하고 있습니다.
- **글로벌 공급망 조정** : 지정학과 무역 정책의 변화로 인해 텅스텐 자원의 공급과 제품 수출이 영향을 받았으며, 이로 인해 기업들은 사업 구조를 다각화해야 했습니다.
- **터미널 수요 업그레이드** : 하이엔드 제조 산업은 텅스텐 합금 링의 정밀도, 강도 및 특수 성능에 대한 더 높은 요구 사항을 제시하여 시장이 높은 부가가치 방향으로 발전하도록 촉진합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.2 텅스텐 합금 링의 주요 생산국 및 공급망 분석

고성능 텅스텐 기반 소재의 핵심 구성 요소인 텅스텐 합금 링의 생산 및 공급망은 텅스텐 자원의 전 세계 분포, 기술 발전, 그리고 전반적인 산업 사슬의 영향을 크게 받습니다. 이 섹션에서는 주요 텅스텐 합금 링 생산국과 그 공급망의 특징을 자세히 분석합니다.

7.2.1 주요 생산국 개요

- 중국

은 세계 최대 규모의 텅스텐 자원 보유 및 생산국으로, 텅스텐 광석 매장량의 80% 이상을 점유하고 있습니다. 중국의 텅스텐 합금 링 생산 기술과 생산량은 세계 최고 수준입니다. 중국의 텅스텐 합금 링 제조업체는 주로 허난성 뤼양, 장시성 간저우, 광둥성 둥관에 집중되어 있습니다. 이들은 원료 채굴, 텅스텐 분말 제련, 합금 분말 제조, 성형 및 소결, 정밀 가공, 표면 처리까지 아우르는 포괄적인 산업 체인을 형성하고 있습니다.

자원 우위와 비용 절감을 바탕으로 중국 기업들은 중저가 시장에서 지배적인 입지를 확보하고 있습니다. 또한, 국제 선진 기술과의 격차를 줄이기 위해 첨단 기술 연구 개발을 적극적으로 추진하고 있습니다.

- 러시아는

풍부한 텅스텐 광석 자원과 텅스텐 기반 소재 제련 및 합금 제조 기술 분야에서 상당한 우위를 자랑합니다. 텅스텐 합금 링 생산은 주로 군사 및 항공우주 분야에 집중되어 있으며, 제품의 성능과 신뢰성이 뛰어납니다. 러시아 기업들은 일반적으로 추가 가공을 위해 수입 텅스텐 분말을 사용하지만, 최근 몇 년 동안 자체 R&D 역량도 강화해 왔습니다.

- 미국은

텅스텐 자원이 제한적이며 텅스텐 합금 링의 경우 주로 수입 원자재에 의존하고 있습니다. 그러나 미국은 고급 합금 설계 및 정밀 제조 기술 분야에서 세계를 선도하고 있습니다. 미국 제조업체들은 주로 군수, 항공우주, 원자력 산업과 같은 고급 시장을 대상으로 하며, 정교한 제품 성능과 신뢰성을 강조합니다. 미국은 대외 의존도를 줄이기 위해 텅스텐 합금 튜브 산업 체인의 국산화를 적극적으로 추진하고 있습니다.

- 독일, 프랑스, 오스트리아 등 일부

국가는 텅스텐 자원이 제한적이지만, 첨단 소재 과학 연구와 고정밀 제조 역량을 보유하고 있습니다. 독일과 프랑스의 텅스텐 합금 링 제조업체는 주로 고부가가치 제품, 특히 항공우주 및 의료기기 분야에 집중하고 있습니다. 텅스텐 합금 소재의 주요 공급국인 오스트리아는 유럽 시장에 고품질 텅스텐 분말과 반제품을 공급하고 있습니다.

- 일본과

한국은 자원이 부족함에도 불구하고, 탄탄한 산업 기반과 기술 R&D 역량을 바탕으로 독특한 텅스텐 합금 링 제조 산업을 발전시켜 왔습니다. 이러한 제품은 주로 전자, 통신, 그리고 첨단 기계에 사용되며, 미세 구조 제어와

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

기능성 복합재 성능에 중점을 두고 있습니다.

7.2.2 공급망 구조 분석

텅스텐 합금 링 공급망은 주로 다음과 같은 주요 링크를 포함합니다.

- **공급망은**

텅스텐 광석 채굴 및 텅스텐 분말 생산으로 시작됩니다. 전 세계 텅스텐 자원은 집중되어 있으며, 텅스텐 광석의 품질과 순도는 텅스텐 분말의 성능에 직접적인 영향을 미칩니다. 일부 국가는 전략적 비축량 확보 및 자원 협력을 통해 안정적인 원자재 공급을 보장합니다.

- **텅스텐 분말 및 합금 분말 제조.**

텅스텐 분말의 입자 크기, 순도, 그리고 형태를 제어하는 것은 합금의 특성을 결정하는 기본입니다. 이후 니켈, 철, 구리와 같은 결합재 금속과의 균일한 혼합 및 배합은 분말 야금 제조의 핵심 단계입니다.

- **의 성형**

기술과 소결 공정은 텅스텐 합금 링의 밀도, 미세 구조 및 성능을 직접적으로 결정합니다. 제조업체마다 시장 수요에 따라 제품 품질을 최적화하기 위해 각기 다른 공정 경로를 선택합니다.

- **치수 및 표면 품질 관리를 위해 정밀 선삭, 연삭, 연마 가공을 거치는 경우**

가 많습니다. 전기 도금 및 PVD 코팅과 같은 표면 처리는 내식성과 내마모성을 더욱 향상시킬 수 있습니다.

- **텅스텐**

합금 링은 고부가가치의 기술 집약적 제품인 경우가 많아 운송 및 보관 시 엄격한 보호, 내습성, 내산화성이 요구됩니다. 국제 무역에서 수출 규제 및 인증 준수는 공급망 효율성에도 영향을 미칩니다.

7.2.3 공급망의 장점과 과제

- **장점**

- o 대규모 생산 요구를 충족 할 수 있는 완벽한 공급망을 보유하고 있습니다.
- o 러시아나 미국과 같은 나라들은 풍부한 기술 축적과 고급 제품을 생산할 수 있는 능력을 갖추고 있습니다.
- o 유럽, 일본, 한국 국가들은 첨단 제조 및 소재 혁신을 선도하며 기술 발전을 주도하고 있습니다.

- **도전**

- o 텅스텐 자원은 공급 위험을 수반하는데, 이는 특히 국제 무역이 긴축될 때 두드러진다.
- o 공급망에서 높은 에너지 소비와 환경적 압박이 증가하고 있으며, 친환경 제조에는 긴급히 획기적인 방안이 필요합니다.
- o 기술 장벽과 하이엔드 애플리케이션 시장에서는 경쟁이 치열하며, 제품 차별화가 부족하면 이익 마진에 영향을 미칠 수 있습니다.

7.3 텅스텐 합금 링의 가격 추세 및 비용 구조

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

텅스텐 합금 링은 원자재 시장 변동, 제조 공정의 복잡성, 최종 사용 요건 변화 등 다양한 요인의 영향을 받습니다. 텅스텐 합금 링의 가격 동향과 비용 구조를 이해하는 것은 기업이 합리적인 생산 전략과 시장 계획을 수립하는 데 매우 중요합니다.

7.3.1 텅스텐 합금 링 가격 추세 분석

- 원자재 가격 변동은

텅스텐 합금 링의 가격을 좌우합니다. 텅스텐 분말은 텅스텐 합금 링의 핵심 원재료이며, 텅스텐 광석 가격 변동은 텅스텐 분말 가격에 직접적인 영향을 미칩니다. 최근 몇 년 동안 세계 텅스텐 자원은 채굴 정책, 환경 규제, 지정학적 영향 등의 영향을 받아 텅스텐 광석 가격의 주기적 변동을 초래했습니다. 예를 들어, 공급이 부족한 시기에는 텅스텐 광석 가격이 급등하여 텅스텐 분말 및 합금 제품 가격이 상승합니다. 반대로, 시장 공급이 풍부할 때는 가격이 하락합니다.

또한, 니켈과 철과 같은 합금 원소의 가격 변동 또한 비용에 영향을 미치며, 특히 국제 금속 시장의 가격 변동성이 큰 시기에는 더욱 그렇습니다.

- 기술 및 공정 업그레이드의 영향:

텅스텐 합금 링 제조 기술의 지속적인 발전으로 첨단 소결, 열처리 및 표면 개질 공정을 사용한 제품의 성능이 크게 향상되었지만, 이에 따른 제조 비용 또한 증가했습니다. 고급 텅스텐 합금 링의 가격은 전반적으로 상승 추세를 보이며, 이는 기술 내용과 부가가치의 증가를 반영합니다.

- 최종 시장 수요가 항공우주, 원자력, 군사 및 의료 분야의 고성능 텅스텐 합금 링 수요 증가를 견인하고 있습니다. 이로 인해 고품질 제품에 대한 수요가 증가하고 가격 인상이 이루어졌습니다. 특히 가격 변동성이

크고 성장 가능성이 있는 고급 맞춤형 및 특수 성능 합금 링 시장에서 이러한 현상이 두드러집니다.

- 등 국제 무역 및 정책적 영향 또한 텅스텐 합금

링의 시장 가격을 어느 정도 상승시켰습니다. 수출 통제와 환경 보호 비용 전가는 가격 변동의 공통적인 요인입니다.

7.3.2 텅스텐 합금 링의 비용 구조 분석

텅스텐 합금 링은 주로 다음과 같은 부품으로 구성됩니다.

- 원자재 비용 (약 60~75%)

은 텅스텐 합금 링 비용의 가장 큰 부분을 차지합니다. 여기에는 텅스텐 분말, 니켈, 철 및 기타 합금 원소의 조달 비용이 포함됩니다. 텅스텐 분말의 순도, 입자 크기 및 공급 안정성은 전체 비용에 직접적인 영향을 미칩니다. 텅스텐 채굴의 희소성과 어려움은 원자재 비용의 상당한 변동을 초래합니다.

- 가공 및 제조 비용 (약 15~25% 차지)

에는 분말야금 성형, 소결, 열처리, 기계 가공이 포함됩니다. 고정밀 가공에는 높은 장비 투자와 기술 인력 비용이 필요하며, 복잡한 형상이나 특수 특성을 가진 제품은 제조 비용이 더욱 높습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- **표면 처리 및 테스트 비용 (약 5~10%):** 텅스텐 합금 링의 내식성과 기계적 특성을 보장하기 위해 일반적으로 표면 연마, 전기 도금, PVD 코팅 및 기타 처리가 필요합니다. 또한, 엄격한 품질 검사, 비파괴 검사 및 성능 검증 또한 비용을 증가시킵니다.
- **관리 및 물류 비용 (약 5%)**
에는 생산 관리, 환경 규제 준수 수수료, 포장, 운송 및 창고 관리 비용이 포함됩니다. 텅스텐 합금 링은 고부가가치 기술 집약적 소재로, 까다로운 물류 및 운송 요건을 충족해야 하며, 포장 및 보호 조치로 인해 추가 비용이 발생합니다.

7.3.3 가격 추세 요약 및 향후 전망

전반적으로 텅스텐 합금 링 가격은 구조적인 상승세를 보이고 있으며, 이는 전 세계 텅스텐 자원 수급, 제조 기술 발전, 그리고 최종 시장 수요의 복합적인 영향에 기인합니다. 원자재 가격이 주요 요인이며, 특히 텅스텐 분말 가격의 변동은 텅스텐 합금 링 시장에 상당한 영향을 미칩니다.

앞으로 텅스텐 자원 개발 기술의 발전과 대체 소재 연구의 진전으로 원자재 가격은 안정화될 것으로 예상됩니다. 동시에 제조 공정의 지능화 및 자동화는 가공 비용을 절감하고 생산 효율을 향상시킬 것입니다. 특히 신에너지, 항공우주, 그리고 첨단 장비 분야에서 고성능 텅스텐 합금 링에 대한 시장 수요가 증가하고 있어 텅스텐 합금 링 가격은 앞으로도 합리적인 성장 여력을 유지할 것으로 예상됩니다.

기업은 원자재 시장의 동향에 주의 깊게 귀를 기울이고, 비용 구조를 최적화하며, 기술 혁신과 제품 차별화를 강화해야 합니다. 이를 통해 치열한 시장 경쟁에서 가격 우위와 이익 마진을 유지해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD

High-Density Tungsten Alloy Customization Service

CTIA GROUP LTD, a customization expert in high-density tungsten alloy design and production with 30 years of experience.

Core advantages: 30 years of experience: deeply familiar with tungsten alloy production, mature technology.

Precision customization: support high density (17-19 g/cm³), special performance, complex structure, super large and very small parts design and production.

Quality cost: optimized design, optimal mold and processing mode, excellent cost performance.

Advanced capabilities: advanced production equipment, RMI, ISO 9001 certification.

100,000+ customers

Widely involved, covering aerospace, military industry, medical equipment, energy industry, sports and entertainment and other fields.

Service commitment

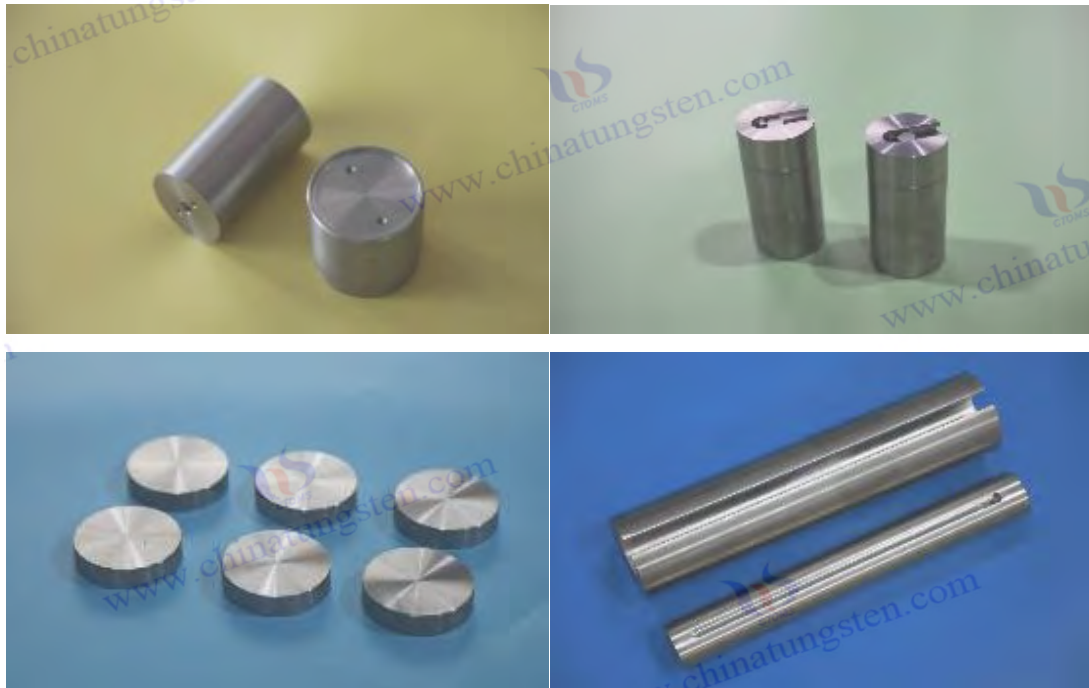
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: sales@chinatungsten.com

Tel: +86 592 5129696

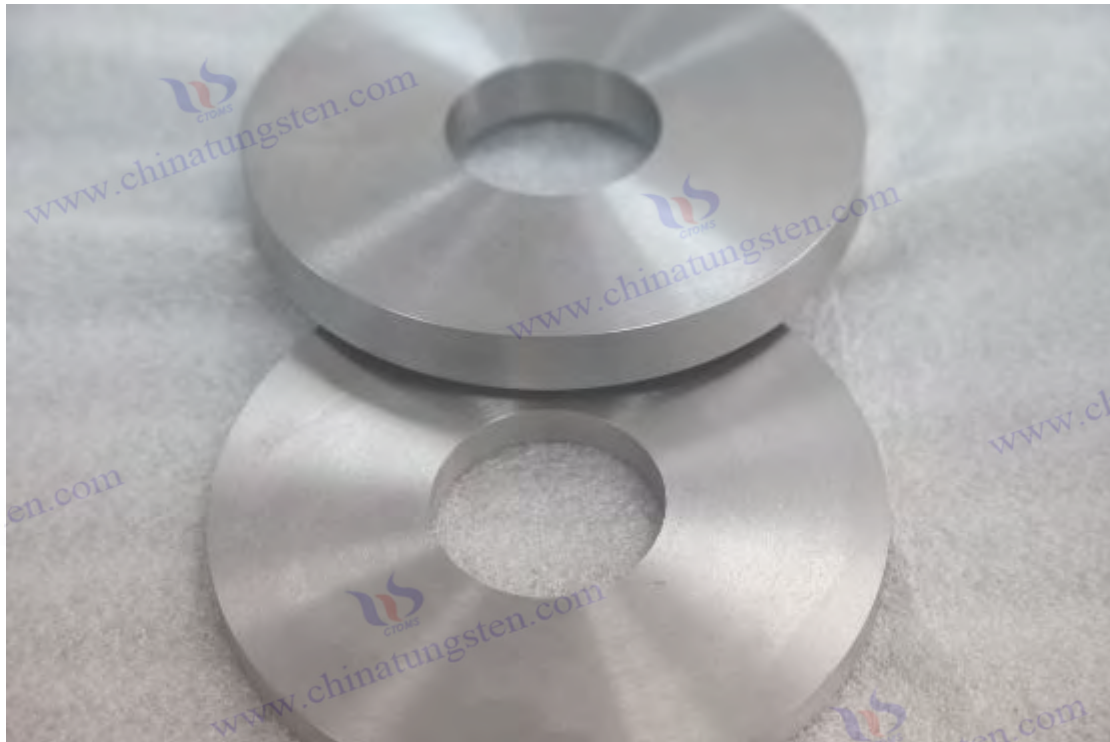
Official website: www.tungsten-alloy.com



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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



제 8 장 텅스텐 합금 링의 미래 발전 동향

8.1 텅스텐 합금 링용 신소재 및 합금 시스템

과학 기술의 지속적인 발전과 응용 분야의 다양화에 따라 텅스텐 합금 링 소재는 고성능, 고기능성, 그리고 다각화를 향해 발전하고 있습니다. 신소재 및 합금 시스템의 연구 개발은 텅스텐 합금 링의 미래 발전을 촉진하는 핵심 요소로 자리 잡았으며, 이는 특히 다음과 같은 측면에서 두드러지게 나타납니다.

1. 고성능 다원소 합금 시스템 개발.

기존의 텅스텐 합금 링은 주로 텅스텐-니켈-철 또는 텅스텐-니켈-구리 합금 시스템을 기반으로 합니다. 더 높은 강도, 향상된 인성, 그리고 특수한 물리적 특성에 대한 요구를 충족하기 위해 연구자들은 몰리브덴, 티타늄, 니오븀, 크롬과 같은 추가 원소를 포함하는 다원소 합금 시스템을 연구하기 시작했습니다. 이러한 새로운 합금은 텅스텐 합금의 전반적인 기계적 특성을 향상시킬 뿐만 아니라 내열성, 내식성, 내방사선성을 향상시켜 극한 작업 조건에서 텅스텐 합금 링의 적용 범위를 확대합니다.

2. 나노구조 및 기능적 경사 합금 시스템은

나노입자 강화 및 미세구조 설계를 통해 텅스텐 합금 링의 성능을 크게 향상시킵니다. 나노구조 합금은 입자를 미세화하고 균열 전파를 억제하여 강도와 인성을 향상시킵니다. 또한, 기능적 경사 합금은 표면에 고경도층을, 내부에는 인성층을 통합하는 등 재료 특성의 공간적 변화를 구현합니다. 이는 복잡한 사용 환경의 다양한 성능 요건을 충족하고 텅스텐 합금 링의 내구성과 신뢰성을 크게 향상시킵니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

3. 복합 소재 및 다상 합금 시스템:

새로운 텅스텐 합금 링은 세라믹 상(탄화물 및 질화물 등) 또는 기타 금속 상을 결합하여 금속-세라믹 복합 구조를 형성합니다. 이 다상 합금 시스템은 금속의 인성과 세라믹의 높은 경도 및 내마모성을 결합합니다. 고강도, 높은 내마모성, 고온 안정성이 요구되는 극한 환경에 적합하며, 텅스텐 합금 링의 전반적인 성능을 향상시킵니다.

4. 높은 열전도도, 높은 전기 전도도, 그리고 항자성 합금 설계:

전자 냉각 및 항공우주 분야와 같은 분야의 기능성 소재에 대한 수요를 충족하기 위해, 새로운 텅스텐 합금 링 소재 시스템은 열적, 전기적, 그리고 자기적 특성 최적화에 중점을 두고 있습니다. 합금 조성 및 미세 구조를 합리적으로 제어함으로써 높은 열전도도, 탁월한 전기적 특성, 그리고 특정 자기 응답을 달성하여 특수 응용 분야의 다양한 소재 성능 요건을 충족합니다.

5. 친환경 합금 소재:

환경 규제가 점차 강화됨에 따라, 환경 영향이 적고 재활용이 용이하며 RoHS 및 REACH 기준을 준수하는 텅스텐 합금 링 소재 개발이 핵심 과제로 떠올랐습니다. 새로운 합금 시스템은 성능 향상뿐만 아니라 소재 수명 주기 관리 및 지속 가능한 개발에도 중점을 두어 텅스텐 합금 링 산업의 친환경 전환을 촉진합니다.

8.2 텅스텐 합금 링의 첨단 제조 기술 (첨가제) 제조업 등)

제조 기술의 지속적인 혁신으로 인해 기존 텅스텐 합금 링 제조 공정은 혁신적인 변화를 겪고 있습니다. 첨단 제조 기술, 특히 적층 제조(3D 프린팅), 정밀 열간 등방성 성형, 분말 사출 성형과 같은 새로운 공정은 텅스텐 합금 링의 설계 및 생산에 전례 없는 유연성과 효율성을 제공하고 있습니다. 현재 및 미래 텅스텐 합금 링 제조 기술의 주요 개발 방향과 응용 특성은 다음과 같습니다.

1. 텅스텐 합금 링에 대한 적층 제조 기술의 적용

적층 제조 기술, 특히 선택적 레이저 용융(SLM) 및 전자빔 용융(EBM)과 같은 분말 베드 용융 기술은 텅스텐 합금 링의 복잡한 기하학적 형상을 직접 형성하여 기존 공정에서 발생하는 재료 낭비와 공정 복잡성을 크게 줄일 수 있습니다. 구체적인 장점은 다음과 같습니다.

- **복잡한 구조의 일체형 성형** : 층층이 쌓는 방식을 통해 기존 공정으로는 가공하기 어려웠던 복잡한 내부 채널, 다공성 구조, 경량 설계를 구현하여 텅스텐 합금 링의 기능적 통합성을 향상시킵니다.
- **빠른 반복 및 맞춤형 생산** : 소량 생산 및 다양한 종류의 생산 요구에 적응하고, 고객 맞춤화에 따라 빠른 설계 수정 및 생산을 지원하며, 개인화된 제조를 실현합니다.
- **높은 재료 활용률** : 텅스텐 합금 분말을 직접 성형하여 폐기물 발생과 가공 비용을 크게 줄이고, 뚜렷한 친환경 제조 효과를 나타냅니다.

그러나 텅스텐 합금 분말의 높은 녹는점, 높은 밀도, 그리고 열전도도는 적층 제조 장비 및 공정에 엄격한 요건을 요구합니다. 공정 변수 최적화 및 후속 열처리 등 여전히 연구의 초점입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2. 정밀 열간등방성형(HIP) 기술 최적화

열간 등방성 소성(HIP)은 고온 고압 가스의 균일한 작용을 통해 텅스텐 합금 링의 고밀도화를 달성하고, 내부 기공과 결함을 제거하며, 기계적 성질과 내구성을 크게 향상시킵니다. 최근 몇 년 동안 HIP 공정은 분말 야금 및 열처리 기술과 결합되어 텅스텐 합금 링의 성능, 특히 고온 내구성과 피로 수명 측면에서 지속적인 혁신을 이끌어 왔습니다.

3. 분말사출성형(PIM)기술의 보급

분말 사출 성형(PIM)은 분말 야금과 플라스틱 사출 성형(PIM) 기술을 결합하여 복잡하고 정밀한 텅스텐 합금 링 제조에 적합합니다. PIM은 높은 성형 효율, 우수한 표면 품질, 그리고 후가공 단계 최소화와 같은 장점을 제공하며, 고급 텅스텐 합금 링의 대량 생산에 점차 도입되고 있습니다.

4. 복합소재 제조 및 다재다능 융합기술

앞으로 텅스텐 합금 링 제조는 다재다능한 복합 소재를 통합하는 방향으로 발전할 것입니다. 적층 제조와 기존 가공 기술을 결합함으로써 기능적으로 등급이 매겨진 구조와 표면 강화 코팅을 공동으로 제작할 수 있습니다. 이러한 복합 소재 제조 기술은 텅스텐 합금 링에 탁월한 성능을 제공하여 항공우주, 원자력, 의료 등 극한 환경 분야의 요구를 충족할 수 있습니다.

5. 지능형 제조 및 디지털 공정 제어

인더스트리 4.0의 발전에 따라 지능형 제조 기술은 센서 모니터링, 실시간 데이터 피드백, AI 최적화 알고리즘을 통합하여 텅스텐 합금 링 생산 공정에서 정밀한 제어 및 품질 추적을 달성하고 있습니다. 디지털 설계 및 시뮬레이션 기술 또한 새로운 텅스텐 합금 링의 개발 주기를 단축하고 공정 최적화를 가속화하고 있습니다.

8.3 텅스텐 합금 링 회수 및 재활용 기술

텅스텐 자원의 희소성이 증가하고 환경 규제가 강화됨에 따라, 텅스텐 합금 링의 재활용 및 재사용은 지속 가능한 자원 활용과 생산 비용 절감의 핵심 요소가 되었습니다. 텅스텐 합금 링의 재활용은 전략적 금속 자원 보존에 도움이 될 뿐만 아니라 환경 오염을 줄이고 친환경 제조 개발을 촉진합니다. 텅스텐 합금 링의 재활용 및 재사용과 관련된 주요 기술과 동향은 다음과 같습니다.

1. 텅스텐 합금 링 회수의 중요성

- 텅스텐은 매장량이 제한적이고 분포가 고르지 않은 희귀 금속입니다. 재활용 및 활용을 통해 텅스텐 자원 공급에 대한 압박을 효과적으로 완화할 수 있습니다.
- 텅스텐 합금 링은 일반적으로 텅스텐 원소 함량이 높습니다. 폐기 후 재활용하지 않으면 막대한 양의 귀금속이 낭비됩니다.
- 재활용은 텅스텐 합금 생산 시 광석 채굴 및 제련에 따른 환경적 부담을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

줄이는 데 도움이 되며, 지속 가능한 개발이라는 개념에 부합합니다.

2. 텅스텐 합금 링을 재활용하는 주요 방법

• 기계적 재활용은

절단, 파쇄 및 기타 기계적 방법을 통해 폐기물 텅스텐 합금 링을 초기 처리하여 재사용 가능한 텅스텐 합금 입자 또는 분말을 얻는 것을 포함합니다. 이 방법은 구조가 손상되지 않고 오염이 적은 텅스텐 합금 링 폐기물에 적합합니다.

• 화학적 재활용은

산 침출 및 알칼리 용융과 같은 화학적 방법을 이용하여 텅스텐 합금 링에서 텅스텐 원소를 용해합니다. 침전 및 정제 과정을 통해 고순도 텅스텐 화합물 또는 금속 텅스텐을 얻습니다. 이 방법은 복잡한 혼합 폐기물의 재활용에 적합하며 불순물을 효과적으로 제거할 수 있습니다.

• 열처리 재활용은

고온 제련 및 배소 공정을 통해 텅스텐 합금 링에서 텅스텐과 합금 원소를 회수하여 금속 회수 및 합금 재생을 달성합니다. 이 방법은 폐기물의 고순도화와 대규모 설비 투자를 필요로 합니다.

3. 텅스텐 합금 링 회수 기술의 과제

- 텅스텐 합금 링에는 니켈과 철과 같은 합금 원소가 포함되어 있습니다. 재활용 과정에서는 재활용 재료의 순도와 성능을 보장하기 위해 텅스텐을 다른 금속으로부터 효과적으로 분리하는 것이 필수적입니다.
- 폐기된 텅스텐 합금 링에는 코팅, 불순물, 오염 물질이 포함되어 있을 수 있으며, 이는 재활용 과정을 복잡하게 만들고 비용을 증가시킵니다.
- 재활용 과정의 환경 영향은 2 차 오염을 피하기 위해 엄격하게 통제될 필요가 있습니다.

4. 첨단 재활용 기술의 발전 동향

• 녹색 재활용 공정은

생물학적 침출 기술과 같은 저에너지, 무해한 화학적 재활용 기술을 장려하여 유해 화학 물질의 사용을 줄이고 환경 친화적인 재활용을 달성합니다.

• 고효율 분리 기술은

자기 분리, 부유 분리, 전기화학적 분리 등 다양한 기술을 결합하여 텅스텐 및 합금 원소의 분리 효율과 회수율을 향상시킵니다.

- 통해 회수된 텅스텐 합금 분말은 적층 제조 및 분말 사출 성형과 같은 첨단 제조 기술에 직접 사용되어 재료의 폐쇄 루프 활용을 실현합니다.

• 지능형 재활용 관리 시스템은

사물 인터넷과 빅데이터 기술을 활용하여 폐텅스텐 합금 링의 전체 재활용 과정에 대한 추적, 분류 및 품질 관리를 달성 하고 재활용 시스템의 과학적 관리 수준을 향상시킵니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8.4 최첨단 기술에서의 텅스텐 합금 링의 잠재적 응용 분야

재료 과학과 첨단 제조 기술의 지속적인 발전으로, 텅스텐 합금 링은 뛰어난 물리적 및 화학적 특성 덕분에 여러 최첨단 과학 기술 분야에서 폭넓은 응용 가능성을 보여주었습니다. 다음은 몇 가지 중요한 과학 기술 분야에서 텅스텐 합금 링의 잠재적인 혁신적 응용 분야에 대해 논의합니다.

1. 고성능 항공우주 및 심우주 탐지 장비

텅스텐 합금 링은 고밀도, 고강도, 그리고 뛰어난 고온 내성을 갖추고 있어 고온 환경에서 우주선 관성 질량 블록, 자세 제어 중량, 그리고 밀봉 및 연결 부품에 사용하기에 적합합니다. 미래의 심우주 탐사 임무는 극한 환경에 대한 적응성이 더욱 뛰어난 소재를 필요로 하며, 텅스텐 합금 링은 우주선에 중요한 구조적 및 기능적 지지력을 제공할 수 있습니다.

2. 핵융합 및 첨단 원자력 장비

핵융합로와 첨단 원자력 장치에서 재료는 강렬한 방사선, 극한 온도, 그리고 부식성 환경을 견뎌야 합니다. 뛰어난 방사선 차폐 성능과 열 안정성을 갖춘 텅스텐 합금 링은 원자로 내 구조 부품, 차폐 링, 그리고 중성자 흡수재에 사용되어 핵융합 기술의 제어된 발전에 기여할 수 있습니다.

3. 양자 컴퓨팅 및 고정밀 기기의 응용

양자 컴퓨터와 고정밀 측정 장비는 전자기 차폐, 열팽창 계수 및 기계적 안정성을 위한 재료에 대한 요구가 매우 높습니다. 텅스텐 합금 링은 낮은 열팽창 계수와 뛰어난 전자기 차폐 특성을 지녀 양자 소자의 차폐 구조물 및 기계적 지지대에 이상적인 소재로 사용되어 시스템 안정성과 계산 정확도를 효과적으로 향상시킵니다.

4. 마이크로전자 및 반도체 제조 장비

텅스텐 합금 링은 마이크로전자 제조 장비에서 고밀도, 안정적인 균형추 및 고온, 내마모성 부품으로 사용되어 정밀한 모션 제어와 장기적인 안정적인 작동을 지원합니다. 또한, 텅스텐의 내식성은 주요 부품의 수명을 연장하고 전반적인 생산 라인 효율성을 향상시킵니다.

5. 고급 의료 장비 및 방사선 치료 시스템

텅스텐 합금 링은 정밀 위치 결정 장치 및 방사선 치료 장비의 방사선 차폐 링에 적합하여 치료의 안전성과 정확성을 보장합니다. 의료 기술이 최소 침습 및 정밀 치료를 향해 발전함에 따라, 텅스텐 합금 링은 의료 기기에서 더욱 중요한 역할을 할 것입니다.

6. 신에너지 및 에너지 저장 시스템

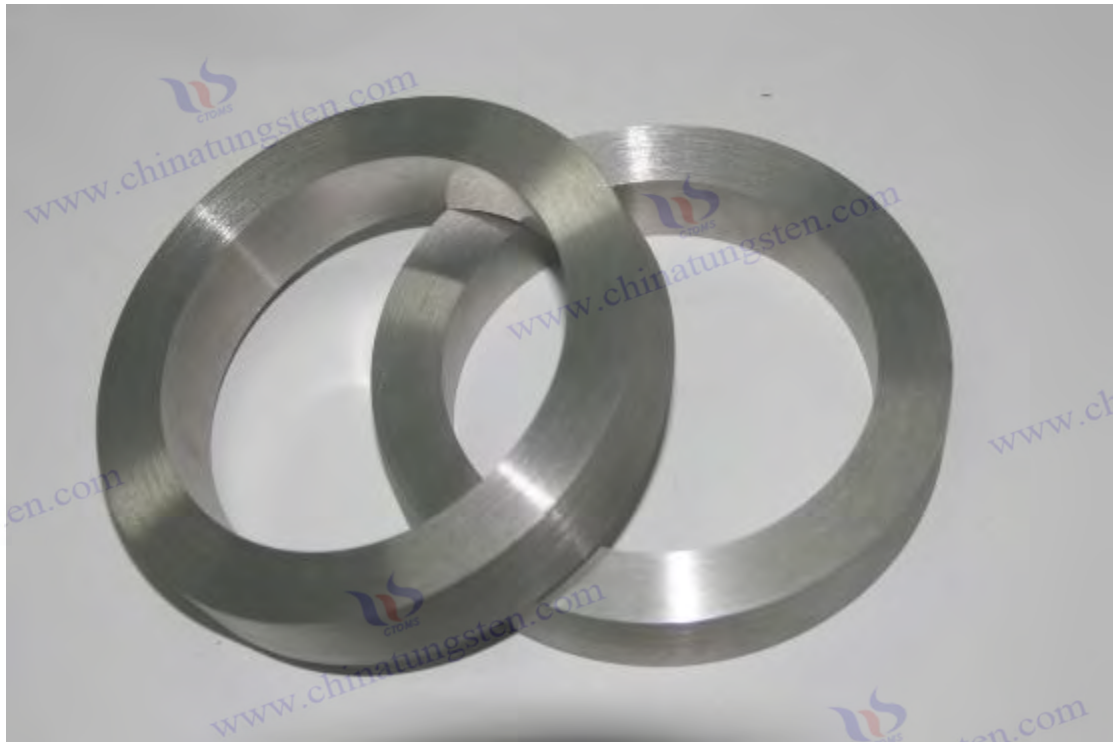
수소 에너지, 연료 전지, 그리고 첨단 에너지 저장 시스템에서 텅스텐 합금 링은 구조적 강도 부재 및 전자과 차폐 부품으로 사용되어 시스템 안전성과 내구성을 향상시킬 수 있습니다. 또한, 고온 및 내식성이 뛰어난 신에너지 장비의 장기적이고

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

안정적인 작동을 보장합니다.

7. 적층 제조 및 지능형 제조 장비

텅스텐 합금 링은 적층 제조(3D 프린팅) 장비의 핵심 부품에 적합하며, 복잡한 부품의 정밀 제조를 지원합니다. 지능형 제조 분야에서 재료의 신속한 대응과 고성능에 대한 요구가 증가함에 따라 자동화 장비에 텅스텐 합금 링이 널리 사용되고 있습니다.



부록

부록 1: 텅스텐 합금 링의 일반적인 물리적 및 화학적 데이터

이 부록은 엔지니어, 기술자, 연구자들이 재료 선택, 공정 최적화, 성능 평가를 용이하게 하기 위해 참고할 수 있도록 텅스텐 합금 링의 설계, 제조, 적용에 일반적으로 사용되는 물리적, 화학적 특성 데이터를 요약한 것입니다.

매개변수 범주	프로젝트	일반적인 범위	주목
물리적 특성	밀도(g/cm³)	17.0 – 18.8	텅스텐 함량 및 합금 구성에 따라
	비율	17.0 – 18.8	밀도와 동일
	녹는점(°C)	3422	텅스텐의 녹는점
	열팽창계수($\times 10^{-6}$ / K)	4.5 – 6.0	합금 시스템에 따라 약간의 차이가 있습니다.
	열전도도(W/ m· K)	100 – 150	합금 구성에 따라 다름
	전도도(% IACS)	5 – 15	니켈 및 철 함량의 영향
기계적 성질	인장강도(MPa)	500 – 900	합금비율 및 열처리 공정에 따라 다름
	항복강도(MPa)	300 – 700	
	파괴인성 (MPa·m ^{1/2})	10 – 25	
	경도(HV)	200 – 350	다양한 재료와 공정에 따라
화학적 구성	텅스텐 함량(W, %)	85 – 98	다양한 합금 유형
	니켈 함량(Ni, %)	1 – 12	

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

	철 함량(Fe, %)	1 – 12	
	기타 합금 원소	0 – 3	예를 들어 구리, 몰리브덴 등
	산소 함량(O, ppm)	< 100	취성 및 기계적 특성에 영향을 미칩니다.
	탄소 함량(C, ppm)	< 50	
표면 특성	표면 거칠기(Ra, μm)	0.1 – 1.0	가공기술에 따라
	표면 코팅 두께 (μm)	1 – 50	코팅 종류에 따라

주목:

- 위 데이터는 일반적인 수치입니다. 구체적인 성능은 합금 조성, 제조 공정, 열처리 및 사용 환경 등의 요인에 따라 영향을 받습니다.
- 물리적 성능 매개변수는 실온 조건에 적용 가능하며 실제 사용 환경에 맞게 조정해야 합니다.
- 화학 조성의 불순물 함량은 텅스텐 합금 링의 성능에 큰 영향을 미치므로 엄격하게 제어해야 합니다.
- 표면 특성 매개변수는 주로 가공이나 코팅 후의 상태를 나타내며, 이는 사용 수명과 기능적 성능에 영향을 미칩니다.

부록 2: 텅스텐 합금 링에 대한 국제 표준 비교표

엔지니어와 품질 관리 담당자가 참고할 수 있도록 재료 사양, 성능 시험, 품질 관리 및 응용 사양을 포괄하는 텅스텐 합금 링 과 관련된 주요 국제 표준을 요약한 것입니다 .

표준 시스템	표준 번호	표준명칭(중국어)	표준 이름(영어)	적용 범위 및 내용에 대한 간략한 설명
중국 국가 표준(GB)	GB/T 1234-xxxx	텅스텐 합금 소재 기술 요구 사항	텅스텐 합금 소재의 기술 조건	텅스텐 합금 링 및 관련 제품
	GB/T 5678-xxxx	텅스텐 합금 링 기계적 특성 시험 방법	텅스텐 합금 링의 기계적 특성 시험 방법	텅스텐 합금 링의 기계적 특성에 대한 시험 표준
미국재료시험학회(ASTM)	ASTM B777-xxxx	텅스텐 합금 소재 사양	텅스텐 합금 재료에 대한 표준 사양	텅스텐 합금 링의 조성, 특성 및 제조 공정 표준
	ASTM E8/E8M-xxxx	금속재료의 인장시험 기준	금속 재료의 인장 시험을 위한 표준 시험 방법	텅스텐 합금 링 인장 특성 시험 방법
미국 군사 표준(MIL)	MIL-DTL-xxxx	군용 텅스텐 합금 링에 대한 기술 요구 사항	텅스텐 합금 반지에 대한 군사 세부 사양	텅스텐 합금 링 군용 제품의 성능 및 품질 요구 사항
국제 표준화 기구(ISO)	ISO 11945:xxxx	텅스텐 합금 소재에 대한 일반 기술 사양	텅스텐 합금 재료 - 일반 기술 사양	국제적으로 인정된 텅스텐 합금 소재 사양
	ISO 6507-1 : xxxx	비커스 경도 시험 방법	금속 재료 - 비커스 경도 시험 - 1 부	텅스텐 합금 링의 경도 시험을 위한 표준 방법
유럽 표준(EN)	EN 12502-xxxx	텅스텐 합금 재료 특성 및 테스트	텅스텐 합금의 성능 및 테스트	EU 내 합금 링 성능 테스트 및 품질 관리 사양
환경 규정 준수 표준	RoHS 지침 2011/65/EU	유해물질 사용 제한에 관한 지침	유해 물질 제한 지침	텅스텐 합금 링 및 환경 규정 준수 요구 사항
	REACH 규정(EC) 1907/2006	화학물질 등록, 평가, 허가 및 제한(REC)	화학물질 등록, 평가, 허가 및 제한 규정	텅스텐 합금 링 소재의 화학 물질에 대한 규정 준수 요구 사항

주목:

- xxxx "는 다양한 버전과 특정 연도를 나타냅니다. 실제 적용을 위해서는 최신 버전을 확인해야 합니다.
- 텅스텐 합금 링에 대한 표준 요건은 국가와 지역마다 다릅니다 . 목표 시장에 따라 구체적인 프로젝트를 선택해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 일부 표준은 성능 테스트에 초점을 맞추고, 다른 표준은 재료의 화학적 구성과 환경 규정 준수에 초점을 맞추며, 두 가지를 결합하여 적용해야 합니다.
- 기업은 실제 생산 및 응용 요구에 따라 국제 및 국내 기준을 충족하는 품질 경영 시스템을 구축해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

부록 III: 텅스텐 합금 링 용어 및 영어 약어

이 부록은 텅스텐 합금 링 분야에서 일반적으로 사용되는 용어와 그에 해당하는 영어 표현을 요약하고, 관련 약어에 대한 설명을 첨부하여 기술자, 연구개발 인력, 관리자 간의 이해와 소통을 용이하게 하였습니다.

중국어 용어	영어 용어	약어	설명
텅스텐 합금 링	텅스텐 합금 링	—	텅스텐 기반 합금 소재로 만든 환형 구조 부품은 첨단 분야에서 널리 사용됩니다.
분말 야금	분말 야금	오후	분말 압착 및 소결 공정을 통해 금속 재료를 제조하는 기술.
소결	소결	—	고온에서 분말 입자를 결합하여 밀도가 높은 고체를 형성하는 과정.
미세구조	미세구조	—	현미경으로 관찰한 재료의 내부 구조적 특성.
밀도	밀도/밀도	—	재료의 견고성은 기계적, 물리적 특성에 영향을 미칩니다.
인장 강도	인장 강도	티에스	재료가 인장 파괴에 저항하는 최대 응력.
항복 강도	항복 강도	YS	재료가 소성 변형되기 시작하는 응력 값입니다.
파괴인성	파괴인성	—	재료가 균열 성장에 저항하는 능력.
경도	경도	—	국부적인 변형이나 긁힘에 저항하는 능력은 일반적으로 비커스 경도(HV)로 표현됩니다.
세분성	입자 크기	—	재료 미세구조의 입자 크기는 재료의 특성에 영향을 미칩니다.
진공 포장	진공 포장	—	산화와 오염을 방지하기 위해 재료는 진공 포장됩니다.
적층 제조	적층 제조	오전	3D 프린팅과 같이 소재를 층층이 쌓아 올려 부품을 만드는 기술입니다.
표면 거칠기	표면 거칠기	—	재료 표면의 미세한 물결 모양 정도.
초음파 검사	초음파 검사	유타	초음파를 이용해 재료의 내부 결함을 탐지하는 비파괴 검사 방법입니다.
엑스레이 검사	엑스레이 검사	XRT	X 선을 사용하여 재료에 대한 비파괴 검사를 수행하여 내부 결함을 감지합니다.
유도 결합 플라즈마 질량 분석법	유도 결합 플라즈마 질량 분석법	ICP-MS	재료 속의 미량 원소 구성을 탐지하는 데 사용되는 분석 기술입니다.
전자 현미경	전자 현미경	여자 이름	재료의 미세구조를 관찰하기 위한 고해상도 현미경.
RoHS 지침	유해 물질 제한 지침	RoHS	유해 물질 사용을 제한하는 EU 환경 규정.
REACH 규정	화학물질의 등록, 평가, 허가 및 제한	도달하다	EU의 화학물질 등록, 평가, 허가 및 제한 규정.
비커스 경도	비커스 경도	HV	금속 경도를 측정하는 데 일반적으로 사용되는

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

			방법입니다.
분말 입자	분말 입자	—	텅스텐 합금 링을 제조하는 데 사용되는 원료 입자의 입자 크기 분포는 완제품의 품질에 영향을 미칩니다.
미세합금화	미세합금화	—	성능을 향상시키기 위해 매트릭스에 미량 합금 원소를 추가하는 기술입니다.
나노입자 강화	나노입자 강화	—	나노입자 분산을 통해 재료의 기계적 성질을 개선하는 기술.
동축성	동심원성	—	텅스텐 합금 링의 내경과 외경의 동심성은 피팅 정확도에 영향을 미칩니다.
부식 방지 코팅	부식 방지 코팅	—	재료 표면을 화학적 부식으로부터 보호하는 코팅입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

CTIA GROUP LTD

High-Density Tungsten Alloy Customization Service

CTIA GROUP LTD, a customization expert in high-density tungsten alloy design and production with 30 years of experience.

Core advantages: 30 years of experience: deeply familiar with tungsten alloy production, mature technology.

Precision customization: support high density (17-19 g/cm³), special performance, complex structure, super large and very small parts design and production.

Quality cost: optimized design, optimal mold and processing mode, excellent cost performance.

Advanced capabilities: advanced production equipment, RMI, ISO 9001 certification.

100,000+ customers

Widely involved, covering aerospace, military industry, medical equipment, energy industry, sports and entertainment and other fields.

Service commitment

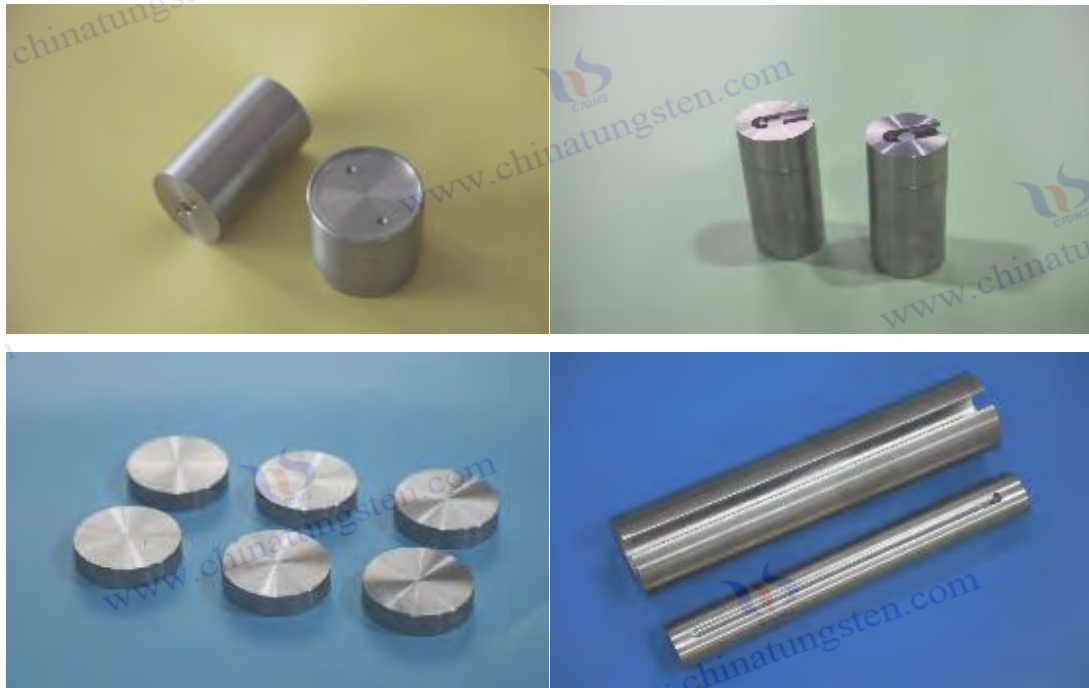
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: sales@chinatungsten.com

Tel: +86 592 5129696

Official website: www.tungsten-alloy.com



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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