

몰리브덴 스프레이 와이어에 대한 완전한 가이드

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

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

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

CTIA GROUP 소개

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

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

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

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



저작권 및 법적 책임 선언문

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

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

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Spray Wire Introduction

1. Overview of Molybdenum Spray Wire

Molybdenum spray wire is a high-purity molybdenum metal wire that is melted and deposited onto a substrate surface through thermal spray techniques such as flame spraying, plasma spraying, arc spraying, or HVOF (High Velocity Oxy-Fuel). The resulting coating offers excellent resistance to wear, corrosion, and high temperatures. Due to its high melting point and superior performance, molybdenum wire is widely used across various industrial sectors.

2. Characteristics of Molybdenum Spray Wire

High Melting Point: Approximately 2623°C, suitable for high-temperature environments.

Excellent Corrosion Resistance: Resists attack from acids, alkalis, and chemical media.

High Hardness & Wear Resistance: Tough coating that withstands mechanical wear.

Low Friction Coefficient: Reduces component wear and improves efficiency.

Chemical Stability: Maintains performance in harsh environments.

High Thermal Conductivity: Effectively dissipates heat and extends component lifespan.

3. Typical Uses of Molybdenum Spray Wire

Aerospace: Turbine blades, engine parts, thermal barrier coatings.

Automotive Industry: Wear-resistant coatings for piston rings, engine blocks, and brake discs.

Chemical & Energy Sectors: Corrosion-resistant pipelines, heat exchangers, wind power equipment.

Electronics & Semiconductors: Vacuum deposition heating wires, semiconductor leads.

Medical Field: Corrosion-resistant coatings for implants and surgical instruments.

Others: Marine anti-corrosion, wear-resistant construction machinery, high-temperature furnaces.

4. Basic Data of Molybdenum Spray Wire from CTIA GROUP LTD

Purity	≥99.95%
Density	10.2 g/cm ³
Diameter Range	1.0-3.0 mm, customizable
Tensile Strength	Moderate to ensure stable wire feeding
Packaging	Customized Packaging

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.molybdenum.com.cn

디렉토리

1 장: 소개

- 1.1 물리브덴 스프레이 와이어의 정의 및 개념
- 1.2 물리브덴 스프레이 와이어의 역사적 진화
- 1.3 물리브덴 스프레이 와이어의 산업 가치 및 응용 전망
- 1.4 국내외 물리브덴 스프레이 와이어의 연구 및 기술 현황

2 장 : 물리브덴 스프레이 와이어의 특성

- 2.1 물리브덴 스프레이 와이어의 물리적 특성
 - 2.1.1 용점 및 열전도율
 - 2.1.2 밀도와 경도
 - 2.1.3 열팽창계수 및 열안정성
 - 2.1.4 전도성 및 저항률
- 2.2 물리브덴 스프레이 와이어의 화학적 성질
 - 2.2.1 내식성
 - 2.2.2 내산화성
 - 2.2.3 화학적 불활성 및 반응성
- 2.3 물리브덴 스프레이 와이어의 기계적 성질
 - 2.3.1 인장 강도 및 항복 강도
 - 2.3.2 연성 및 파괴 인성
 - 2.3.3 내마모성 및 피로 특성
- 2.4 스프레이 코팅 성능
 - 2.4.1 코팅 접착력 및 접착 강도
 - 2.4.2 코팅 다공성 및 균일성
 - 2.4.3 고온 및 열충격에 대한 코팅저항성
 - 2.4.4 코팅의 표면 거칠기 및 미세 구조
- 2.5 CTIA GROUP LTD 의 물리브덴 스프레이 와이어 MSDS

3 장: 물리브덴 스프레이 와이어의 준비 및 생산 공정

- 3.1 원료의 준비
 - 3.1.1 물리브덴 광석 선광 및 정제 기술
 - 3.1.2 고순도 물리브덴 분말의 생산 공정
 - 3.1.3 물리브덴 분말의 품질 관리 및 테스트
- 3.2 물리브덴 와이어 성형 공정
 - 3.2.1 분말 야금 성형 기술
 - 3.2.2 물리브덴 와이어 드로잉 공정
 - 3.2.2.1 단일 다이 와이어 드로잉
 - 3.2.2.2 다중 모드 연속 와이어 드로잉
 - 3.2.3 물리브덴 와이어 어닐링 및 응력 제거
 - 3.2.4 표면 청소 및 연마
- 3.3 물리브덴 스프레이 와이어의 특수 가공
 - 3.3.1 표면 활성화 처리

저작권 및 법적 책임 선언문

- 3.3.2 사양 사용자 정의
- 3.3.3 표면 개질 기술
- 3.4 스프레이 공정
 - 3.4.1 기관의 표면 전처리
 - 3.4.1.1 기계적 샌드 블라스팅
 - 3.4.1.2 화학적 세척
 - 3.4.1.3 초음파 세척
 - 3.4.2 용사 기술
 - 3.4.2.1 화염 분무 공정
 - 3.4.2.2 플라즈마 분사 공정
 - 3.4.2.3 아크 스프레이 공정
 - 3.4.2.4 고속 순산소 분사(HVOF)
 - 3.4.3 스프레이 후 처리
 - 3.4.3.1 열처리 및 어닐링
 - 3.4.3.2 코팅 연마 및 마무리
 - 3.4.3.3 코팅 밀봉 처리
- 3.5 생산 공정의 최적화
 - 3.5.1 프로세스 매개변수의 최적화 및 제어
 - 3.5.2 품질 보증 시스템
 - 3.5.3 녹색제조와 에너지절약기술
- 3.6 주요 기술 포인트
 - 3.6.1 고순도 폴리브덴 와이어의 제조 기술
 - 3.6.2 스프레이 코팅 품질 관리
 - 3.6.3 분무 효율 및 일관성
- 3.7 첨단 기술의 응용
 - 3.7.1 나노미터 스프레이 기술
 - 3.7.2 레이저 보조 스프레이 기술
 - 3.7.3 콜드 스프레이 기술
 - 3.7.4 지능적이고 자동화된 스프레이 시스템
- 3.8 기술적 과제 및 솔루션
 - 3.8.1 코팅 박리 및 균열
 - 3.8.2 고온 산화 및 성능 저하
 - 3.8.3 생산 비용과 효율성의 균형
 - 3.8.4 복잡한 기질 분무에 대한 적응성

4 장 : 폴리브덴 스프레이 와이어의 분류

- 4.1 순도에 따른 분류
 - 4.1.1 고순도 폴리브덴 와이어
 - 4.1.2 도핑된 폴리브덴 와이어
- 4.2 용도에 따른 분류
 - 4.2.1 산업용 스프레이용
 - 4.2.2 기능성 코팅용
- 4.3 분무 공정에 따른 분류

저작권 및 법적 책임 선언문

- 4.3.1 화염 분무용
- 4.3.2 아크 스프레이용
- 4.3.3 플라즈마 스프레이용
- 4.3.4 고속 순산소 분무(HVOF)용
- 4.3.5 냉간 분무용

5 장: 폴리브덴 스프레이 와이어의 사용

- 5.1 항공우주 분야
 - 5.1.1 터빈 블레이드 및 엔진 구성 요소
 - 5.1.2 고온 구조 부품 및 열 차단 코팅
 - 5.1.3 우주선의 내마모성 및 부식 방지 코팅
- 5.2 자동차 산업
 - 5.2.1 엔진 피스톤 및 블록 코팅
 - 5.2.2 배기 시스템용 고온 내성 코팅
 - 5.2.3 브레이크 시스템용 내마모성 코팅
- 5.3 화학 및 에너지 산업
 - 5.3.1 부식 방지 파이프 및 밸브
 - 5.3.2 반응기 및 열교환기 코팅
 - 5.3.3 태양광 및 풍력 에너지 장비의 코팅
- 5.4 전자 및 반도체 산업
 - 5.4.1 진공 코팅용 열선
 - 5.4.2 반도체 리드 및 전극
 - 5.4.3 박막 증착 코팅
- 5.5 의료 및 생명 공학
 - 5.5.1 의료기기용 발열체
 - 5.5.2 의료기기용 내식성 코팅
- 5.6 기타 적용 영역
 - 5.6.1 선박 및 해양 엔지니어링을 위한 부식 방지 코팅
 - 5.6.2 건설기계의 내마모성 코팅
 - 5.6.3 고온 스토브 및 열처리 장비

6 장: 폴리브덴 스프레이 와이어 생산 장비

- 6.1 원료 가공 장비
 - 6.1.1 폴리브덴 분말 제조 및 환원 장비
 - 6.1.2 소결로 및 단조 장비
- 6.2 폴리브덴 와이어 생산 설비
 - 6.2.1 와이어 드로잉 머신 및 다이
 - 6.2.2 소둔로 및 열처리 장비
 - 6.2.3 표면 청소 및 연마 장비
- 6.3 스프레이 장비
 - 6.3.1 화염 스프레이 시스템
 - 6.3.2 플라즈마 스프레이 장비
 - 6.3.3 아크 스프레이 장치

저작권 및 법적 책임 선언문

- 6.3.4 고속 순산소 분무(HVOF) 장비
- 6.4 보조 및 후처리 장비
 - 6.4.1 기관 전처리 장비
 - 6.4.2 코팅 후처리 장비
 - 6.4.3 온라인 탐지 및 모니터링 장비
- 6.5 자동화 및 지능형 장비
 - 6.5.1 자동 스프레이 생산 라인
 - 6.5.2 지능형 제어 및 데이터 수집 시스템
 - 6.5.3 로봇 스프레이 시스템

7 장: 몰리브덴 스프레이 와이어에 대한 국내외 표준

- 7.1 국내 표준
 - 7.1.1 GB/T 4181-2017 "몰리브덴 와이어" 및 관련 요구 사항
 - 7.1.2 GB/톤 3462-2017
 - 7.1.3 GB/톤 4197-2011
 - 7.1.4 기타 관련 국가 표준
- 7.2 국제 표준
 - 7.2.1 ASTM 의 B387-18
 - 7.2.2 용사 재료에 대한 ISO 20407 사양
 - 7.2.3 용사용 ISO 14919 와이어
 - 7.2.4 기타 국제 표준
- 7.3 산업 표준 및 엔터프라이즈 사양
 - 7.3.1 비철금속 산업 표준
 - 7.3.2 열 분사 산업 표준
 - 7.3.3 내부 품질 관리 사양
- 7.4 표준 비교 및 적용성 분석
 - 7.4.1 국내외 기준의 차이
 - 7.4.2 표준 응용 프로그램 시나리오 및 선택

8 장: 몰리브덴 스프레이 와이어의 테스트 및 품질 관리

- 8.1 원료 테스트
 - 8.1.1 화학 성분 분석
 - 8.1.2 입자 크기 및 형태 검출
 - 8.1.3 불순물 함량 검출
- 8.2 몰리브덴 와이어의 품질 검사
 - 8.2.1 치수 정확도 및 공차
 - 8.2.2 표면 결함 및 거칠기 감지
 - 8.2.3 기계적 성질 테스트
- 8.3 스프레이 코팅 검사
 - 8.3.1 코팅 두께 및 균일성
 - 8.3.2 코팅 접착력 시험
 - 8.3.3 미세구조 및 다공성 분석
 - 8.3.4 부식 및 고온 저항

저작권 및 법적 책임 선언문

- 8.3.5 열충격 성능
- 8.4 테스트 기술 및 장비
 - 8.4.1 X 선 형광(XRF)
 - 8.4.2 SEM 및 EDS 분석
 - 8.4.3 경도 테스트(Vickers, Rockwell)
 - 8.4.4 초음파 및 레이저 두께 테스트
 - 8.4.5 기타 고급 탐지 기술
- 8.5 품질 경영 시스템
 - 8.5.1 ISO 9001 인증
 - 8.5.2 테스트 보고서 및 추적성
 - 8.5.3 결함 분석 및 개선

제 9 장 발전동향과 미래전망

- 9.1 기술 개발 동향
 - 9.1.1 새로운 스프레이 재료 및 공정
 - 9.1.2 지능형 및 디지털 생산
 - 9.1.3 복합 코팅 기술
- 9.2 시장 수요 및 응용 프로그램 확대
 - 9.2.1 신형 산업에서의 잠재력
 - 9.2.2 글로벌 시장 동향 분석
- 9.3 환경 보호 및 지속 가능성
 - 9.3.1 친환경 스프레이 기술
 - 9.3.2 폐기물 회수 및 재활용
- 9.4 국제 기술 교류 및 협력
 - 9.4.1 국제 표준의 조화
 - 9.4.2 국경을 초월한 R&D 및 협업

부록

- A. 용어집
- B. 참조

1 장 소개

1.1 몰리브덴 스프레이 와이어의 정의 및 개념

1.1.1 몰리브덴 스프레이 와이어의 기본 정의

몰리브덴 스프레이 와이어는 일반적으로 고순도 몰리브덴(몰리브덴, 화학 기호 Mo, 원자 번호 42)으로 만들어지는 열 스프레이 공정에 특별히 사용되는 금속 와이어 재료입니다. 몰리브덴은 높은 용점(약 2623°C), 고강도, 내식성 및 우수한 열전도율과 같은 특성을 가진 전이 금속으로 열 분사 분야에서 중요한 재료 중 하나입니다. 용사(thermal spraying)는 용융되거나 반쯤 용융된 재료를 기관 표면에 고속으로 분사하여 특정 기능을 가진 코팅 층을 만드는 표면 엔지니어링 기술입니다. 용사의 원료로서 몰리브덴 스프레이 와이어는 일반적으로 아크 스프레이 또는 화염 스프레이의 형태로 사용되며 주요 목적은 기관 표면에 내마모성, 고온 또는 내식성 몰리브덴 코팅 층을 형성하는 것입니다.

몰리브덴 스프레이 와이어의 일반적인 형태는 스프레이 장비 및 공정 요구 사항에 따라 일반적으로 직경이 1.0mm 에서 3.2mm 사이인 가느다란 금속 와이어입니다. 몰리브덴 와이어는 분무 공정 중에 스프레이 건에 의해 용융 또는 반 용융 상태로 가열된 다음 압축 가스(예: 질소 또는 공기)에 의해 대상 기관에 가속되어 균일한 코팅을 형성합니다. 이러한 코팅은 일반적으로 경도가 높고 마찰 계수가 낮으며 결합 강도가 우수하여 기관의 표면 특성을 크게 향상시킬 수 있습니다.

1.1.2 몰리브덴의 물리적 및 화학적 특성

몰리브덴의 독특한 물리적 및 화학적 특성은 코팅 재료로 사용되는 기초입니다. 몰리브덴의 밀도는 10.28g/cm³로 텅스텐(19.25g/cm³)보다 낮지만 많은 일반 금속보다 높기 때문에 몰리브덴 코팅이 무게와 성능 사이에서 좋은 균형을 이룰 수 있습니다. 몰리브덴은 텅스텐과 레늄에 이어 두 번째로 2623°C 의 높은 용점을 가지고 있어 고온에서 구조적 안정성과 기계적 강도를 유지할 수 있습니다. 또한 몰리브덴은 특히 비산화 환경에서 다른 많은 금속보다 산, 알칼리 및 특정 부식성 가스에 더 강합니다.

몰리브덴은 열팽창 계수(약 $4.8 \times 10^{-6}/K$)가 낮으며, 이는 급격한 온도 변화가 있는 환경에서 몰리브덴 코팅과 기관 사이의 열 응력이 적어 코팅의 균열 또는 벗겨짐 위험을 줄인다는 것을 의미합니다. 몰리브덴은 또한 전기 및 열 전도성(약 138 W/m·K 의 열전도율)이 우수하여 몰리브덴 스프레이 와이어로 형성된 코팅을 열 또는 전기 전도성이 필요한 응용 분야에서 유리하게 만듭니다. 또한 몰리브덴은 특정 조건, 특히 고온 또는 진공 상태에서 자체 윤활되어 응용 시나리오를 더욱 확장합니다.

1.1.3 몰리브덴 스프레이 와이어의 준비 과정

몰리브덴 스프레이 와이어의 준비는 높은 순도와 일관된 물리적 특성을 보장하기 위해 여러 공정이 필요합니다. 몰리브덴 와이어는 일반적으로 분말 야금 기술로 준비되며 구체적인 단계는 다음과 같습니다.

몰리브덴 농축액 추출: 몰리브덴 농축액은 몰리브덴 광석(예: 몰리브데나이트)에서 추출하여 부유 및 화학적 정제를 통해 불순물을 제거합니다.

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

몰리브덴 분말 생산 : 몰리브덴 농축액을 묽아 산화 몰리브덴 (MoO_3)을 생성 한 다음 수소 환원에 의해 고순도 몰리브덴 분말을 얻습니다.

몰리브덴 빌릿 형성 : 몰리브덴 분말을 막대 또는 플레이트 블랭크에 압착하고 고온에서 소결하여 밀도를 높입니다.

와이어 드로잉 : 열간 단조, 압연 및 다중 와이어 드로잉 공정을 통해 몰리브덴 빌릿은 필라멘트로 가공되어 스프레이에 필요한 직경과 표면 마감을 달성합니다.

표면 처리: 몰리브덴 와이어는 기계적 특성과 분무 효과를 최적화하기 위해 청소, 어닐링 또는 도핑됩니다.

몰리브덴 와이어의 순도는 일반적으로 스프레이 코팅의 품질을 보장하기 위해 99.95% 이상에 도달해야 합니다. 일부 몰리브덴 스프레이 와이어는 고온 산화 또는 연성에 대한 내성을 향상시키기 위해 소량의 원소(예: 란타넘, 세륨 또는 칼륨)로 도핑될 수 있습니다.

1.1.4 용사에서 몰리브덴 스프레이 와이어의 역할

용사 공정에서 몰리브덴 와이어는 아크 분무 또는 화염 분무 장비에 의해 분무 건에 공급되고 가열되면 용융 방울 또는 반 용융 입자를 형성합니다. 이 입자는 고속 기류의 작용으로 기관 표면에 부딪히고 빠르게 냉각되고 응고되어 조밀한 코팅을 형성합니다. 몰리브덴 코팅의 주요 기능은 다음과 같습니다.

마모 방지: 몰리브덴 코팅의 높은 경도(모스 규모에서 약 5.5)는 기계적 마모에 효과적입니다.

고온 보호: 몰리브덴의 높은 용점은 항공기 엔진 터빈 블레이드와 같은 고온 환경의 구성 요소에 사용하기에 적합합니다.

부식 방지: 특정 화학 물질에 대한 몰리브덴의 내식성으로 인해 화학 장비 또는 해양 환경에서 사용하기에 적합합니다.

차체 윤활 특성: 몰리브덴 코팅은 고온 또는 진공 환경에서 산화몰리브덴(MoO_3)을 형성할 수 있으며 마찰 계수가 낮아 슬라이딩 부품에 사용하기에 적합합니다.

1.1.5 몰리브덴 스프레이 와이어와 다른 스프레이 재료의 비교

니켈 기반 합금, 텅스텐 또는 세라믹과 같은 일반적인 스프레이 재료와 비교하여 몰리브덴 스프레이 와이어는 다음과 같은 이점을 제공합니다.

비용 효율성: 몰리브덴은 텅스텐 및 일부 귀금속보다 비용이 저렴하지만 성능이 비슷하며 대규모 산업 응용 분야에 적합합니다.

다목적: 몰리브덴 코팅은 마모, 고온 및 부식에 강하며 광범위한 응용 분야에 적합합니다.

가공 용이성: 몰리브덴 와이어의 연성으로 인해 다양한 사양으로 쉽게 끌어들이고 다양한 스프레이 장비에 적응할 수 있습니다.

그러나 몰리브덴은 산화 분위기에서 휘발성 산화물(MoO_3)이 형성되기 쉬우므로 일부 고온 산화 환경에서의 적용이 제한됩니다. 대조적으로, 세라믹 코팅은 내산화성 측면에서 더 좋을 수 있지만 더 부서지기 쉽고 몰리브덴 코팅만큼 강한 접착 강도를

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

찾지 않습니다.

1.1.6 몰리브덴 스프레이 와이어의 사양 및 분류

몰리브덴 스프레이 와이어는 사용 및 공정 요구 사항에 따라 다양한 사양으로 나눌 수 있으며 일반적인 분류는 다음과 같습니다.

순수 몰리브덴 와이어 : $\geq 99.95\%$ 순도, 표준 스프레이 공정에 사용됩니다.

도핑된 몰리브덴 와이어: 내산화성 또는 연성을 개선하기 위해 란타넘(La), 세륨(Ce) 또는 칼륨(K)과 같은 원소로 도핑됩니다.

직경 분류: 일반적인 직경에는 1.0mm, 1.6mm, 2.0mm, 3.2mm 등이 포함되며 다양한 스프레이 장비에 적합합니다.

표면 처리 분류: 흑색 몰리브덴 와이어 (청소되지 않고 표면에 산화물 층이 있음) 및 흰색 몰리브덴 와이어 (세척 후 밝은 표면)와 같은.

이러한 분류를 통해 몰리브덴 스프레이 와이어는 항공 우주, 자동차 제조 및 에너지 장비와 같은 다양한 산업 응용 분야의 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

1.2 몰리브덴 스프레이 와이어의 역사적 진화

1.2.1 몰리브덴의 발견과 초기 적용

몰리브덴의 발견은 18 세기로 거슬러 올라갑니다. 1778 년 스웨덴의 화학자 칼 빌헬름 셸레(Carl Wilhelm Scheele)는 처음으로 몰리브데나이트에서 몰리브덴 산화물을 분리하고 "몰리브덴"(납과 같은 물질을 의미하는 그리스어 "몰리브도스"에서 파생됨)이라고 명명했습니다. 1781 년 스웨덴의 화학자 Peter Jacob Hjelm 은 탄소 감축을 통해 처음으로 몰리브덴 금속을 제조하여 몰리브덴의 산업적 응용을 위한 토대를 마련했습니다.

19 세기 말, 몰리브덴은 철강의 강도와 내식성을 향상시키기 위해 철강 산업에서 합금 원소로 사용되기 시작했습니다. 그러나 몰리브덴 정제 및 가공 기술의 한계로 인해 적용 범위가 상대적으로 좁고 주로 야금 분야에 국한됩니다. 20 세기 초까지 분말 야금 및 와이어 드로잉 기술의 발전으로 몰리브덴 와이어의 제조가 가능해졌으며 스프레이 분야에 적용하기 위한 조건을 제공했습니다.

1.2.2 용사 기술의 기원

용사 기술은 20 세기 초에 시작되었습니다. 1910 년 스위스의 엔지니어 Max Ulrich Schoop 은 가연성 가스를 태워 금속 분말 또는 와이어를 녹여 기판 표면에 분사하는 화염 스프레이 기술을 발명했습니다. 이 기술의 출현은 몰리브덴 스프레이 와이어의 적용 가능성을 제공합니다. 1920 년대에는 전기 아크를 사용하여 와이어를 가열하여 용융된 물방울을 생성하는 아크 스프레이 기술이 도입되어 스프레이 효율과 코팅 품질을 더욱 향상시켰습니다.

초기 용사는 주로 부식 방지 코팅을 위해 아연 및 알루미늄과 같은 용융 가능한 금속을 사용했습니다. 용점이 높은 금속으로서 용사에 몰리브덴을 적용하는 것은 늦게 시작되었으며 20 세기 중반이 되어서야 초합금 및 항공 우주 산업의 발전과

저작권 및 법적 책임 선언문

함께 몰리브덴 와이어의 스프레이 적용이 점차 주목을 받았습니다.

1.2.3 몰리브덴 스프레이 와이어 조기 개발

20 세기의 50 년대에 몰리브덴 스프레이 와이어가 산업 분야에 등장하기 시작했습니다. 미국의 항공우주 산업은 고온 및 마모 문제를 해결하기 위해 터빈 블레이드와 연소실 구성 요소에 몰리브덴 코팅을 적용하는 데 앞장섰습니다. 몰리브덴의 높은 용점과 내마모성은 특히 가스 터빈 및 제트 엔진에서 이상적인 코팅 재료입니다. 동시에 유럽과 일본의 산업계는 피스톤 링 및 베어링의 내마모성 코팅과 같은 기계 제작에 몰리브덴 와이어 스프레이의 적용을 모색하기 시작했습니다.

이 기간 동안 몰리브덴 스프레이 와이어의 제조 기술은 여전히 상대적으로 거칠었고 몰리브덴 와이어의 순도와 표면 품질이 불안정하여 코팅 특성에 큰 변동이 발생했습니다. 1960 년대에는 진공 용융 및 수소 환원 기술의 발전으로 몰리브덴 와이어의 순도가 크게 향상되고 스프레이 코팅의 접착 강도와 내구성이 향상되었습니다.

1.2.4 현대식 몰리브덴 스프레이 와이어 기술 개발

20 세기의 70 년대 이후 용사 기술은 급속한 발전 단계에 접어들었습니다. 플라즈마 분무 및 고속 화염 분무(HVOF)의 출현으로 분무 코팅의 품질이 크게 향상되어 보다 까다로운 환경에서 몰리브덴 코팅을 사용할 수 있게 되었습니다. 예를 들어, 고속 화염 분무는 더 조밀한 몰리브덴 코팅을 생성하고 다공성을 줄이며 기판에 대한 코팅의 결합 강도를 향상시킬 수 있습니다.

같은 기간 동안 몰리브덴 와이어의 도핑 기술에서 돌파구가 마련되었습니다. 란타넘 또는 세륨으로 도핑된 몰리브덴 와이어는 고온 환경에서 더 나은 내산화성과 연성을 나타내어 몰리브덴 스프레이 와이어의 적용 분야를 확장합니다. 1980 년대에는 몰리브덴 스프레이 와이어가 자동차 산업에서 내마모성 피스톤 링과 싱크로나이저 링을 만드는 데 널리 사용되기 시작하여 부품의 수명을 크게 연장했습니다.

1.2.5 중국의 몰리브덴 스프레이 와이어 개발

중국의 몰리브덴 산업은 늦게 시작되었지만 빠르게 발전하고 있습니다. 20 세기 60 년대에 중국은 몰리브데나이트에서 몰리브덴을 추출하기 시작했고 점차 몰리브덴 와이어 생산 능력을 확립했습니다. 1980 년대에는 개혁 개방 및 산업 현대화의 발전과 함께 중국의 몰리브덴 제품 기업은 외국 고급 와이어 드로잉 및 스프레이 장비를 도입하기 시작했으며 몰리브덴 스프레이 와이어의 생산 및 적용은 급속한 발전 기간에 들어갔습니다.

1990 년대에 중국은 세계 최대의 몰리브덴 생산국이 되었고 몰리브덴 와이어의 생산 기술은 점차 성숙해졌습니다. 기술 혁신을 통해 중국의 주요 몰리브덴 제품 기업은 국내외 스프레이 시장의 요구를 충족시키기 위해 고순도 몰리브덴 와이어와 도핑 몰리브덴 와이어를 개발했습니다. 2000 년 이후 중국의 몰리브덴 스프레이 와이어는 유럽, 미국 및 동남아시아 시장에 수출되기 시작하여 글로벌 몰리브덴 제품 공급망의 중요한 부분이 되었습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

1.2.6 몰리브덴 와이어 코팅의 이정표

1910 : 열 스프레이 기술이 발명되어 몰리브덴 스프레이 와이어 적용의 토대를 마련했습니다.

1950년대: 몰리브덴 와이어 스프레이가 항공 우주 부문에서 처음 사용되었습니다.

1970년대: 플라즈마 분사 및 고속 화염 분사 기술로 몰리브덴 코팅 성능이 향상되었습니다.

1980년대: 코팅의 내산화성을 향상시키기 위해 도핑된 몰리브덴 와이어를 개발했습니다.

2000년 이후 중국은 글로벌 몰리브덴 와이어 생산 및 스프레이 기술의 중요한 기지가 되었습니다.

1.3 몰리브덴 스프레이 와이어의 산업 가치 및 응용 전망

1.3.1 몰리브덴 스프레이 와이어의 산업적 가치

용사 기술의 핵심 재료인 몰리브덴 스프레이 와이어의 산업적 가치는 고유한 물리적 및 화학적 특성, 광범위한 응용 시나리오, 현대 산업의 효율성과 지속 가능성에 대한 기여에 반영됩니다. 몰리브덴의 높은 용점, 높은 경도, 내식성 및 자체 윤활 특성으로 인해 표면 공학 분야에서 대체할 수 없습니다. 다음은 여러 차원에서 산업 가치를 자세히 분석한 것입니다.

1.3.1.1 구성 요소의 내구성 및 수명 향상

몰리브덴 스프레이 와이어로 형성된 코팅은 높은 경도(모스 규모에서 약 5.5-6.0)와 내마모성으로 기계 부품의 수명을 크게 연장합니다. 예를 들어, 자동차 산업에서 피스톤 링과 싱크로나이저 링은 장기간 고주파 마찰 및 고온 환경에 노출되는 엔진 및 변속기의 중요한 구성 요소입니다. 기존의 코팅되지 않은 피스톤 링은 고하중에서 수천 시간 동안 마모될 수 있지만 몰리브덴 코팅 피스톤 링은 수명을 2-3 배 연장할 수 있으며 일부 경우에는 100,000km 이상의 수명을 보여줍니다. 이렇게 향상된 내구성은 유지 보수 비용과 장비 가동 중지 시간을 직접적으로 줄여줍니다.

또한 고온 환경에서 몰리브덴 코팅의 안정성은 항공 우주 산업에서 큰 가치를 제공합니다. 예를 들어, 가스 터빈의 터빈 블레이드는 1000°C를 초과하는 연소 환경에서 작동하며 몰리브덴 코팅은 열 피로 및 마모에 효과적이며 블레이드 수명을 연장합니다. 업계 데이터에 따르면 몰리브덴 코팅 터빈 블레이드의 유지 보수 간격을 20%-30% 연장할 수 있어 항공기 엔진의 전체 수명 주기 비용을 크게 줄일 수 있습니다.

1.3.1.2 장비 운영의 효율성 향상

몰리브덴 코팅의 낮은 마찰 계수(특정 조건에서 0.1-0.2 이하)로 인해 자체 윤활성이 있어 기계 부품의 마찰 손실을 크게 줄여 장비의 작동 효율성을 향상시킬 수 있습니다. 자동차 산업에서 몰리브덴 코팅 피스톤 링을 적용하면 엔진 내부의 마찰 동력 소비를 줄이고 연비를 약 1%-2% 향상시킬 수 있습니다. 전 세계 연간 8,000만 대의 차량 생산량을 기준으로 엔진의 10%가 몰리브덴 코팅 피스톤 링을 사용하면 매년 수백만 톤의 연료를 절약할 수 있으며 경제적, 환경적 이점이 큼니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

항공 우주 부문에서 몰리브덴 코팅은 제트 엔진의 연소실과 노즐에 사용되어 고온에서 재료 손실을 줄이고 안정적인 추력을 보장합니다. 연구에 따르면 몰리브덴 코팅 연소실의 열 효율은 약 0.5% 향상될 수 있으며, 이는 작은 효율 향상만으로도 연료 소비와 운영 비용을 크게 줄일 수 있기 때문에 항공 우주 부문에서 중요합니다.

1.3.1.3 생산 및 유지 보수 비용 절감

텅스텐 및 레늄과 같은 고용점 금속 또는 세라믹 코팅과 비교할 때 몰리브덴은 비용 성능이 더 높습니다. 전 세계 몰리브덴 매장량은 상대적으로 풍부하며(약 2,500 만 톤, 그 중 중국이 50% 이상을 차지함) 정제 및 가공 비용이 텅스텐(약 1/2-1/3)보다 저렴합니다. 몰리브덴 스프레이 와이어의 비용은 킬로그램당 약 \$50-\$100 인 반면 텅스텐 와이어의 비용은 \$200 이상에 달할 수 있습니다. 따라서 몰리브덴 코팅은 대규모 산업 응용 분야에 더 경제적으로 유리합니다.

또한 몰리브덴 코팅의 회복 특성은 중요한 가치 중 하나입니다. 마모된 몰리브덴 코팅은 전체 부품을 교체하지 않고 다시 분무하여 수리할 수 있습니다. 예를 들어, 중장비의 베어링 수리에서 몰리브덴 코팅을 적용하면 수리 비용을 50% 이상 줄이면서 가동 중지 시간을 줄일 수 있습니다. 이러한 복원 특성은 대규모 장비 교체에 비용과 시간이 많이 소요되는 광업, 철강 및 에너지 산업에서 특히 중요합니다.

1.3.1.4 환경 보호 및 지속 가능한 개발의 요구 사항 충족

몰리브덴은 EU RoHS 지침 및 REACH 규정의 요구 사항을 충족하는 무독성 및 환경 친화적인 금속 재료입니다. 기존의 납 기반 또는 카드뮴 기반 코팅과 비교하여 몰리브덴 코팅은 생산 및 사용 중에 유해 물질을 방출하지 않으며 환경과 인체 건강에 무해합니다. 또한 몰리브덴 코팅의 내구성은 부품 교체 빈도를 줄여 친환경 제조의 개념에 따라 자원 소비와 폐기물 발생을 줄입니다.

에너지 효율성 측면에서 몰리브덴 코팅의 자체 윤활 특성은 윤활유의 사용을 줄입니다. 예를 들어, 자동차 엔진에서 몰리브덴 코팅 피스톤 링은 윤활유 소비를 약 10% 줄여 폐유 처리 비용을 줄일 수 있습니다. 이는 저탄소 경제와 순환 경제의 글로벌 촉진에 매우 중요합니다.

1.3.1.5 산업 인텔리전스 및 효율성 증진

인더스트리 4.0 의 발전으로 스마트 제조를 위한 고성능 소재에 대한 수요가 증가하고 있습니다. 몰리브덴 스프레이 와이어의 정밀한 가공 및 코팅 균일성으로 인해 정밀 제조의 요구 사항을 충족할 수 있습니다. 예를 들어, 로봇 조인트 및 고속 절삭 공구에서 몰리브덴 코팅은 마찰과 열 축적을 줄여 모션 정확도와 공구 수명을 향상시킬 수 있습니다. 연구에 따르면 몰리브덴 코팅 절삭 공구의 수명을 30%-50% 연장할 수 있으며 이는 자동화 생산 라인에서 상당한 이점이 있습니다.

또한 몰리브덴 코팅의 전도성(저항률 약 $5.5 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$)과 열전도율(약 138 W/m·K)은 전자 및 에너지 장치에서 독보적입니다. 예를 들어, 반도체 제조 장비에서 몰리브덴 코팅은 전극 및 열전도성 부품에 사용되어 장비의 안정성과 방열 효율을 향상시킬 수

저작권 및 법적 책임 선언문

있습니다.

1.3.2 주요 응용 분야

몰리브덴 스프레이 와이어의 코팅은 다양성으로 인해 많은 산업 분야에서 널리 사용되며 다음은 주요 응용 시나리오에 대한 자세한 분석입니다.

1.3.2.1 항공우주

항공 우주는 몰리브덴 스프레이 와이어의 가장 중요한 응용 분야 중 하나입니다. 몰리브덴 코팅은 주로 터빈 블레이드, 연소실, 노즐 및 가이드 베인과 같은 고온 부품에 사용됩니다. 예를 들어, 보잉 737 및 에어버스 A320의 터보팬 엔진에는 터빈 블레이드를 마모로부터 보호하고 1200°C 이상에서 안정적인 성능을 유지하기 위해 몰리브덴 코팅이 사용됩니다. 몰리브덴 코팅의 열팽창 계수(약 $4.8 \times 10^{-6}/K$)는 니켈 기반 초합금의 열팽창 계수에 가깝기 때문에 열 응력으로 인한 코팅 스폐링을 줄입니다.

또한 몰리브덴 코팅은 우주선 열 보호 시스템에도 사용됩니다. 예를 들어, SpaceX의 Starship의 일부는 재진입 시 극한의 열을 견딜 수 있도록 몰리브덴으로 코팅되어 있습니다. 연구에 따르면 진공 환경에서 몰리브덴 코팅의 자체 윤활 특성으로 인해 위성 안테나 구동 메커니즘과 같은 우주선의 슬라이딩 부품에 특히 적합합니다.

1.3.2.2 자동차 산업

자동차 산업은 몰리브덴 스프레이 와이어의 가장 큰 시장 중 하나이며 자동차 부품 제조에 사용되는 세계 몰리브덴 스프레이 와이어의 약 30%를 차지합니다. 몰리브덴 코팅은 주로 피스톤 링, 싱크로 나이지어 링, 크랭크 샤프트 및 밸브와 같은 구성 요소에 사용됩니다. 예를 들어, 폭스바겐 그룹(Volkswagen Group)은 연비와 내구성을 개선하기 위해 TSI 엔진에 몰리브덴 코팅 피스톤 링을 광범위하게 사용했습니다. 데이터에 따르면 몰리브덴 코팅 피스톤 링은 마찰 손실을 약 15% 줄여 엔진 성능을 크게 향상시킬 수 있습니다.

또한 몰리브덴 코팅은 신에너지 자동차 분야에서도 잠재력을 가지고 있습니다. 예를 들어, 전기 자동차의 모터 베어링 및 변속기 기어는 몰리브덴으로 코팅하여 내마모성과 열전도성을 개선하고 서비스 수명을 연장할 수 있습니다. 2030년까지 전 세계 신에너지 자동차 생산량은 3,000만 대를 넘어설 것으로 추정되며, 몰리브덴 코팅에 대한 시장 수요는 더욱 증가할 것으로 예상됩니다.

1.3.2.3 에너지 장비

에너지 부문에서 몰리브덴 코팅은 보일러, 열교환기, 가스 터빈 및 원자력 장비에 널리 사용됩니다. 예를 들어, 석탄 화력 발전소의 보일러 파이프에서 몰리브덴 코팅은 고온 부식 및 마모에 견딜 수 있어 파이프의 수명을 약 2배 연장할 수 있습니다. 원자력에서 몰리브덴 코팅은 원자로의 방사선 차폐 부품에 사용되며 고밀도($10.28g/cm^3$)와 무독성으로 인해 중성자 방사선을 흡수하는 데 효과적입니다.

재생 에너지 장비는 또한 몰리브덴 코팅의 중요한 응용 분야입니다. 예를 들어, 풍력

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

터빈 기어박스의 기어 표면에 있는 몰리브덴 코팅은 마모와 윤활을 줄이고 유지 보수 비용을 줄입니다. 2024 년까지 전 세계적으로 설치된 풍력 발전 용량이 1,000GW 를 초과함에 따라 풍력 발전 장비의 몰리브덴 코팅에 대한 수요가 계속 증가하고 있습니다.

1.3.2.4 기계 제조

기계 공학에서 몰리브덴 코팅은 베어링, 기어, 금형 및 절삭 공구의 표면 보호에 사용됩니다. 예를 들어, 광산 장비에서 몰리브덴 코팅 드릴 비트는 서비스 수명을 50% 이상 연장하고 장비 교체 빈도를 줄일 수 있습니다. 사출 금형에서 몰리브덴 코팅은 플라스틱에 대한 금형의 접착력을 줄이고 금형 이형 효율 및 제품 표면 품질을 향상시킬 수 있습니다.

1.3.2.5 화학 및 해양 공학

몰리브덴 코팅의 내식성은 화학 장비 및 해양 엔지니어링에 널리 사용됩니다. 예를 들어, 석유 화학 반응기에서 몰리브덴 코팅은 산성 가스 및 고온 부식에 강하여 장비 수명을 연장합니다. 해양 플랫폼 및 해양 장비에서 몰리브덴 코팅은 해수 부식으로부터 강철 구조물을 보호하며 특히 심해 시추 플랫폼의 파이프 및 밸브에 사용하기에 적합합니다.

1.3.2.6 의료 및 전자 산업

의료 분야에서 몰리브덴 코팅은 무독성 및 고밀도로 인해 X 선 장비 및 CT 기계의 방사선 차폐 부품에 사용됩니다. 예를 들어, Siemens Healthineers 의 CT 스캐너에서는 몰리브덴 코팅을 사용하여 방사선을 차단하고 이미지 품질과 환자 안전을 보장합니다. 전자 산업에서 몰리브덴 코팅은 플라즈마 에칭 기계의 전극과 같은 반도체 제조 장비의 열 및 전기 전도성 부품에 사용되며 열전도율은 장비의 방열 효율을 약 20% 향상시킬 수 있습니다.

1.3.3 응용 전망 및 시장 동향

1.3.3.1 신에너지 분야에서의 잠재력

글로벌 에너지 전환으로 인해 신에너지 장비를 위한 고성능 코팅에 대한 수요가 빠르게 증가하고 있습니다. 몰리브덴 코팅은 풍력, 원자력 및 태양열 장비 분야에서 유망한 미래를 가지고 있습니다. 예를 들어, 풍력 터빈 기어박스의 기어 표면에 몰리브덴 코팅은 마모를 줄이고 전달 효율을 향상시킵니다. 원자력 분야에서는 IV 세대 원자로의 연료봉 쉘에 몰리브덴 코팅을 사용하여 고온 및 방사선 손상에 견딜 수 있습니다. 2030 년까지 전 세계 신에너지 장비 시장은 1 조 5 천억 달러를 초과할 것으로 추정되며, 몰리브덴 코팅에 대한 수요는 연평균 6%씩 증가할 것으로 예상됩니다.

1.3.3.2 스마트 제조와 인더스트리 4.0

인더스트리 4.0 은 지능, 자동화 및 고효율을 강조하며 정밀 제조에서 몰리브덴 코팅의 응용 전망은 중요합니다. 예를 들어, 로봇 관절에서 몰리브덴 코팅은 마찰과 열 축적을 줄여 모션 정확도와 수명을 향상시킵니다. 3D 프린팅 장비에서 몰리브덴 코팅 노즐은 고온 용융 재료의 마모에 저항하고 수명을 연장할 수 있습니다. 글로벌

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

스마트 제조 시장은 2028 년까지 5,000 억 달러에 이를 것으로 예상되며 폴리브덴 코팅은 핵심 소재로 이점을 얻을 것입니다.

1.3.3.3 해양 공학 및 친환경 선박

해양 엔지니어링에서 부식 방지 코팅에 대한 수요가 증가하고 있습니다. 폴리브덴 코팅은 심해 시추 플랫폼, 해상 풍력 장비 및 친환경 선박에 널리 사용됩니다. 예를 들어, 폴리브덴 코팅은 선박 프로펠러의 표면을 보호하고 해수 부식 및 생물학적 접착을 줄이며 추진 효율을 향상시키는 데 사용할 수 있습니다. 글로벌 해외 시장은 2030 년까지 2,000 억 달러에 이를 것으로 예상되며 폴리브덴 코팅은 중요한 솔루션이 될 것입니다.

1.3.3.4 의료 및 생명공학

폴리브덴 코팅의 무독성 및 생체 적합성은 의료 기기에 잠재력을 제공합니다. 예를 들어, 정형외과용 임플란트에서 폴리브덴 코팅은 임플란트의 내마모성과 내식성을 개선하고 서비스 수명을 연장할 수 있습니다. 또한 치과 도구 및 수술 기구에 폴리브덴 코팅의 사용이 점차 증가하고 있습니다. 글로벌 의료기기 시장은 2027년까지 6,000억 달러에 이를 것으로 예상되며 폴리브덴 코팅에 대한 수요는 계속 증가할 것입니다.

1.3.3.5 시장 규모 및 경제적 이익

업계 데이터에 따르면 전 세계 폴리브덴 시장 규모는 2024 년에 약 50 억 달러가 될 것으로 예상되며, 그 중 폴리브덴 스프레이 와이어가 점유율의 약 10%를 차지합니다. 2030 년까지 폴리브덴 스프레이 와이어 시장은 연평균 5.5%씩 성장하여 8 억 달러에 이를 것으로 예상됩니다. 세계 최대의 폴리브덴 생산국인 중국은 전 세계 생산량의 50% 이상을 차지하고 있으며, 많은 중국 기업들이 기술 혁신과 대규모 생산을 통해 세계 폴리브덴 스프레이 와이어 시장의 중요한 공급업체가 되었습니다.

1.3.4 사례 연구

1.3.4.1 항공우주 사례: GE Aviation

General Electric(GE) Aviation 은 터빈 블레이드의 마모 방지를 위해 GEnx 엔진에 폴리브덴 코팅을 광범위하게 사용합니다. 보잉 787 드림라이너에는 GEnx 엔진이 사용되며, 폴리브덴 코팅은 고온 및 고압 환경에서 터빈 블레이드를 안정적으로 유지하여 유지보수 간격을 25% 연장합니다. GE Aviation 은 이 애플리케이션을 통해 매년 수억 달러의 유지보수 비용을 절감할 수 있습니다.

1.3.4.2 자동차 산업의 사례: 폭스바겐

폭스바겐은 1.4L TSI 엔진에 폴리브덴 코팅 피스톤 링을 사용하여 연비와 내구성을 크게 향상시킵니다. 테스트 결과 폴리브덴 코팅 피스톤 링은 마찰 손실을 15% 줄이고 엔진 수명을 150,000km 이상으로 연장하는 것으로 나타났습니다. 이 기술은 전 세계적으로 연간 500 만 대 이상 생산되는 여러 폭스바겐 그룹 모델에 적용되었습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

1.3.4.3 에너지 설비 케이스 : 지멘스 풍력

Siemens Gamesa 는 기어 마모와 윤활유 사용을 줄이기 위해 해상 풍력 기어박스에 몰리브덴 코팅을 사용합니다. 테스트 결과 몰리브덴 코팅 기어의 수명이 40% 길어지고 유지보수 비용이 30% 절감되는 것으로 나타났습니다. 이 기술은 전 세계 여러 해상 풍력 프로젝트에 적용되었습니다.

1.4 국내외 몰리브덴 스프레이 와이어의 연구 및 기술 현황

1.4.1 국내 연구 현황

세계 최대의 몰리브덴 생산국(2024 년 약 150,000 톤, 세계 전체의 50% 차지)인 중국은 몰리브덴 스프레이 와이어의 연구 개발 및 적용에서 상당한 이점을 가지고 있습니다. 국내 연구 기관 및 기업은 몰리브덴 와이어 준비, 스프레이 공정 최적화 및 코팅 성능 향상에 중요한 진전을 이루었습니다. 다음은 중국의 연구 현황에 대한 자세한 분석입니다.

1.4.1.1 주요 연구기관

중국과학원 금속연구소(Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences): 이 연구소의 표면 엔지니어링 팀은 몰리브덴 기반 코팅 연구에 중점을 두고 있으며 란타넘(La)과 세륨(Ce)으로 도핑된 몰리브덴 와이어 준비 기술을 개발했습니다. 결과는 1% 란타넘으로 도핑된 몰리브덴 와이어의 내산화성이 30% 증가하고 코팅 수명이 1000°C 의 산화 분위기에서 50% 연장됨을 보여줍니다. 또한, 본 연구소는 몰리브덴 코팅의 미세구조를 연구하고, 결정립(10-50nm)을 조절하여 코팅의 경도 및 접착 강도를 향상시켰다.

University of Science and Technology Beijing: 같은 대학의 재료 과학 및 공학 대학은 플라즈마 스프레이 및 고속 화염 스프레이(HVOF) 기술이 몰리브덴 코팅 성능에 미치는 영향을 연구했습니다. 실험 결과는 HVOF 공정에 의해 형성된 몰리브덴 코팅의 다공성이 1% 미만으로 감소하고 결합 강도가 80MPa 에 도달하여 기존 아크 스프레이보다 훨씬 우수함을 보여줍니다(다공성은 약 5%, 결합 강도는 약 50MPa).

칭화대학교: 칭화대학교의 재료학과는 초고속 입자 충격을 통해 고밀도 코팅을 형성하여 열 응력과 산화물 형성을 줄이는 몰리브덴 코팅 준비를 위한 콜드 스프레이 기술을 개발했습니다. 콜드 스프레이 몰리브덴 코팅은 고정밀 부품 응용 분야를 위해 최대 HV800 경도까지 사용할 수 있습니다.

1.4.1.2 주요기업

CTIA GROUP LTD. : 중국의 선도적 인 몰리브덴 제품 회사 인 Chinatungsten Online 은 직경 1.0-3.2mm 의 몰리브덴 스프레이 와이어를 제공하는 고순도 몰리브덴 와이어 (순도 $\geq 99.95\%$)의 생산에 중점을 둡니다.

1.4.1.3 연구 초점

도핑 기술: 희토류 원소 또는 알칼리 금속(예: 칼륨)을 도핑하여 몰리브덴 와이어의 고온 산화 저항 및 기계적 특성을 향상시킵니다. 예를 들어, 0.8% 세륨이 도핑된 몰리브덴 와이어는 1200°C 에서 산화 속도를 40% 감소시킵니다.

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

분무 공정 최적화: 분무 거리(100-150mm), 가스 유량(50-80L/min) 및 전류 강도(400-600A)와 같은 플라즈마 분무 및 HVOF 공정 매개변수 최적화를 연구하여 코팅 다공성을 줄이고 접착 강도를 향상시킵니다.

친환경 제조: 저에너지 분무 장비와 환경 친화적인 몰리브덴 코팅 공정을 개발하여 분무 공정에서 배기 가스 배출과 에너지 소비를 줄입니다. 예를 들어, 스프레이 가스로 아르곤 대신 질소를 사용하면 비용을 약 15% 절감할 수 있습니다.

1.4.1.4 적용 사례

고속철도 제동 시스템: CRRC의 EMU 브레이크 디스크는 몰리브덴 코팅을 채택하여 내마모성과 고온 저항을 50% 향상시키고 브레이크 디스크의 수명을 10년으로 연장합니다.

석유화학 장비: Sinopec은 산성 가스 부식에 저항하기 위해 촉매 분해 장치의 파이프라인에 몰리브덴 코팅을 적용했으며 파이프라인 수명을 3배 연장했습니다.

1.4.2 해외 연구 현황

외국에서 몰리브덴 스프레이 와이어의 연구 및 적용은 특히 미국, 독일, 일본에서 일찍부터 시작되었으며 관련 기술은 세계 최고의 위치에 있습니다. 다음은 해외 연구의 현재 상태에 대한 자세한 분석입니다.

1.4.2.1 주요 연구기관 및 기업

미국 프렉스에어: 용사 기술의 글로벌 리더인 프렉스에어(Praxair)는 0.5% 미만의 공극률과 최대 100MPa의 결합 강도를 가진 몰리브덴 코팅을 생산할 수 있는 플라즈마 스프레이 시스템을 개발했습니다. 이 회사는 Al_2O_3 와 같은 세라믹 입자를 첨가하여 코팅의 경도와 내마모성을 향상시키기 위해 몰리브덴 기반 복합 코팅을 조사했습니다.

Höganäs, 독일: Höganäs는 몰리브덴 기반 복합 코팅 개발에 중점을 두고 몰리브덴 및 니켈 기반 합금의 하이브리드 스프레이 공정을 연구하여 내마모성 및 내식성 코팅을 형성합니다. 이 회사의 제품은 유럽의 자동차 및 에너지 장비 시장에서 널리 사용됩니다.

일본의 Toshiba: Toshiba는 항공 우주 분야에서 몰리브덴 코팅의 고온 내산화성을 연구했으며 1300°C에서 내산화성을 40% 향상시키는 이트륨(Y)이 도핑된 몰리브덴 와이어를 개발했습니다. Toshiba의 몰리브덴 코팅은 가스 터빈의 연소실에 사용되어 부품 수명을 약 30% 연장합니다.

매사추세츠 공과 대학(MIT): MIT의 재료 과학 연구소는 코팅의 입자 크기(900-5nm)를 제어하여 경도(HV200)와 내마모성을 개선하기 위해 나노 스케일 몰리브덴 코팅의 준비를 조사했습니다. 나노 몰리브덴 코팅은 반도체 장비에 널리 사용됩니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

1.4.2.2 연구 초점

복합 코팅: 코팅의 다양성을 향상시키기 위해 세라믹(예: ZrO_2 , Al_2O_3) 또는 금속(예: Ni, Cr)과 몰리브덴의 복합 코팅에 대한 연구. 예를 들어, 몰리브덴- Al_2O_3 복합 코팅은 HV1000의 경도와 내마모성을 50% 높일 수 있습니다.

나노 코팅: 나노 스케일 몰리브덴 코팅은 다공성 및 표면 거칠기($Ra \leq 0.1\mu m$)를 줄이고 코팅 성능을 향상시키기 위해 냉간 분무 및 레이저 보조 분무 기술로 준비됩니다.

지능형 분무: 인공 지능과 센서 기술을 결합하여 분무 매개변수(예: 온도, 기류 속도)를 실시간으로 모니터링하여 코팅 일관성과 생산 효율성을 개선하는 자동 분무 장비를 개발합니다.

1.4.2.3 적용 사례

보잉: 보잉 787의 터보팬 엔진은 몰리브덴으로 코팅된 터빈 블레이드를 사용하여 고온 성능을 20% 향상시키고 유지 보수 간격을 25% 연장합니다.

미쓰비시 중공업: 미쓰비시 중공업은 가스 터빈의 연소실에 몰리브덴 코팅을 적용하여 $1400^\circ C$ 의 고온 부식에 저항하고 부품 수명을 40% 연장했습니다.

1.4.3 기술적 현황 및 과제

1.4.3.1 최첨단 기술

현재 몰리브덴 스프레이 와이어의 기술은 비교적 성숙했으며 주요 기술적 특성은 다음과 같습니다.

고순도 몰리브덴 와이어: 세계 주류 몰리브덴 스프레이 와이어의 순도는 99.95% 이상에 도달했으며 일부 도핑된 몰리브덴 와이어의 내산화성이 크게 향상되었습니다.

고급 스프레이 공정: 플라즈마 스프레이 및 HVOF 공정은 다공률이 1% 미만이고 결합 강도가 80-100MPa인 몰리브덴 코팅을 형성할 수 있습니다.

자동화 생산: 지능형 스프레이 장비는 센서를 통해 스프레이 매개변수를 모니터링하고 코팅 두께의 균일성은 $\pm 5\mu m$ 내에서 제어됩니다.

1.4.3.2 기술적 과제

불충분한 내산화성: 몰리브덴은 고온 산화 분위기에서 휘발성 산화물(MoO_3)을 형성하기 쉬우므로 일부 고온 환경에서의 적용이 제한됩니다.

코팅 다공성: 전통적인 아크 스프레이를 사용한 몰리브덴 코팅은 다공성(3%-5%)이 높아 내구성과 내식성에 영향을 미칩니다.

비용 관리: 고순도 몰리브덴 와이어의 생산 비용이 높고(약 50-100 달러/kg) 정제 및 인발 공정을 더욱 최적화해야 합니다.

복잡한 기관의 적응성: 평평하지 않거나 복잡한 모양의 기관에서는 몰리브덴 코팅의 균일성을 제어하기 어렵고 새로운 스프레이 장비를 개발해야 합니다.

1.4.4 향후 연구 방향

1.4.4.1 새로운 도핑 기술

저작권 및 법적 책임 선언문

보다 효율적인 도핑 원소(예: 이트륨, 세륨, 지르코늄) 및 도핑 공정을 개발하여 몰리브덴 와이어의 내산화성과 연성을 개선합니다. 예를 들어, 0.5% 지르코늄이 도핑된 몰리브덴 와이어의 산화 속도는 1400°C에서 50% 감소할 수 있습니다.

1.4.4.2 첨단 스프레이 기술

콜드 스프레이 및 레이저 보조 스프레이 기술을 촉진하여 코팅의 열 응력과 산화물 형성을 줄입니다. 냉간 분무 몰리브덴 코팅은 0.2%의 낮은 다공성과 최대 120MPa의 결합 강도로 사용할 수 있어 고정밀 응용 분야에 적합합니다.

1.4.4.3 지능형 친환경 제조

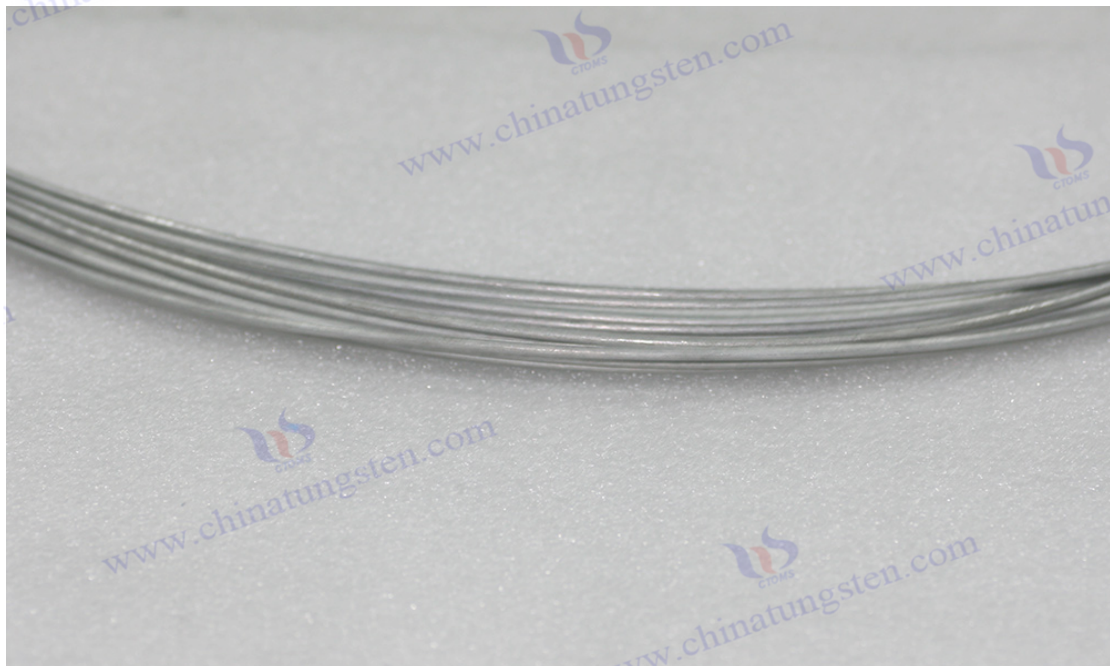
머신 러닝을 사용하여 스프레이 매개변수를 최적화하고 코팅 일관성을 개선하는 지능형 스프레이 시스템을 개발합니다. 에너지 소비와 배기 가스를 줄이기 위한 환경 친화적인 분무 공정에 대한 연구. 예를 들어, 재생 에너지로 구동되는 스프레이 장비는 탄소 배출량을 20%까지 줄일 수 있습니다.

1.4.4.4 복합 및 나노 코팅

몰리브덴 기반 복합 코팅 및 나노 코팅을 연구하고 세라믹, 금속 또는 기타 고성능 재료와 결합하여 다기능 코팅을 형성합니다. 예를 들어, 몰리브덴-ZrO₂ 복합 코팅은 내마모성을 최대 60%까지 높일 수 있으며 항공 우주 및 에너지 응용 분야에 적합합니다.

1.4.4.5 학제간 응용 프로그램

생체 의학, 새로운 에너지 및 전자 분야에서의 몰리브덴 코팅의 응용 분야에 대해 알아보십시오. 예를 들어, 유연한 전자 장치에서 몰리브덴 코팅은 전도성 필름의 제조에 사용될 수 있습니다. 생물학적 임플란트에서 몰리브덴 코팅은 내식성과 생체 적합성을 향상시킵니다.



CTIA GROUP LTD 몰리브덴 스프레이 와이어

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Spray Wire Introduction

1. Overview of Molybdenum Spray Wire

Molybdenum spray wire is a high-purity molybdenum metal wire that is melted and deposited onto a substrate surface through thermal spray techniques such as flame spraying, plasma spraying, arc spraying, or HVOF (High Velocity Oxy-Fuel). The resulting coating offers excellent resistance to wear, corrosion, and high temperatures. Due to its high melting point and superior performance, molybdenum wire is widely used across various industrial sectors.

2. Characteristics of Molybdenum Spray Wire

High Melting Point: Approximately 2623°C, suitable for high-temperature environments.

Excellent Corrosion Resistance: Resists attack from acids, alkalis, and chemical media.

High Hardness & Wear Resistance: Tough coating that withstands mechanical wear.

Low Friction Coefficient: Reduces component wear and improves efficiency.

Chemical Stability: Maintains performance in harsh environments.

High Thermal Conductivity: Effectively dissipates heat and extends component lifespan.

3. Typical Uses of Molybdenum Spray Wire

Aerospace: Turbine blades, engine parts, thermal barrier coatings.

Automotive Industry: Wear-resistant coatings for piston rings, engine blocks, and brake discs.

Chemical & Energy Sectors: Corrosion-resistant pipelines, heat exchangers, wind power equipment.

Electronics & Semiconductors: Vacuum deposition heating wires, semiconductor leads.

Medical Field: Corrosion-resistant coatings for implants and surgical instruments.

Others: Marine anti-corrosion, wear-resistant construction machinery, high-temperature furnaces.

4. Basic Data of Molybdenum Spray Wire from CTIA GROUP LTD

Purity	≥99.95%
Density	10.2 g/cm ³
Diameter Range	1.0-3.0 mm, customizable
Tensile Strength	Moderate to ensure stable wire feeding
Packaging	Customized Packaging

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.molybdenum.com.cn

2 장 : 물리브텐 스프레이 와이어의 특성

2.1 물리브텐 스프레이 와이어의 물리적 특성

물리브텐 스프레이 와이어의 물리적 특성은 고온, 고압 및 복잡한 작업 조건에서의 적용 가능성을 결정하는 열 스프레이 재료의 기초입니다. 고용점 전이 금속인 물리브텐은 열전도율이 우수하고 열팽창 계수가 낮으며 밀도가 높아 항공 우주, 자동차 산업 및 에너지 장비에 널리 사용됩니다. 다음은 용점과 열전도율, 밀도와 경도, 열팽창 계수와 열 안정성, 전도성과 저항률의 네 가지 측면에 대한 상세한 분석입니다.

2.1.1 물리브텐 스프레이 와이어의 용점 및 열전도율

물리브텐의 녹는점은 2623°C (4753°F)로 일반 금속 중 텅스텐 (3422°C) 및 레늄 (3186°C)에 이어 두 번째이며 철 (1538°C) 및 니켈 (1455°C)보다 훨씬 높습니다. 이 높은 용점을 통해 물리브텐 스프레이 와이어는 극도로 높은 온도 환경에서 구조적으로 안정적으로 유지되므로 항공기 엔진 터빈 블레이드, 가스 터빈 연소실 및 석유 화학 반응기와 같은 고온 부품의 표면 코팅에 특히 적합합니다. 예를 들어, 물리브텐 스프레이 와이어로 형성된 코팅은 가스 터빈에서 녹거나 크게 연화되지 않고 최대 1400°C 의 일시적인 고온을 견딜 수 있습니다.

용사 공정에서 물리브텐 와이어는 전기 아크 또는 화염에 의해 용융 또는 반 용융 상태로 가열됩니다. 높은 용점은 분무 장비가 높은 에너지 투입을 필요로 하지만(예: 플라즈마 분무는 최대 $15,000^{\circ}\text{C}$ 의 온도에 도달할 수 있음) 용융된 물리브텐 입자가 분무 공정 중에 높은 점도를 유지하여 조밀한 코팅을 생성한다는 것을 의미합니다. 결과는 물리브텐 코팅의 용점 특성으로 인해 고온 산화 분위기에서 어느 정도의 안정성을 유지할 수 있음을 보여주지만, 산화 저항성은 도핑 또는 복합 코팅으로 더욱 개선되어야 합니다.

열전도율 : 물리브텐의 열전도율은 $138\text{ W/m}\cdot\text{K}$ (20°C 에서)로 강철(약 $50\text{ W/m}\cdot\text{K}$)보다 높지만 구리(약 $400\text{ W/m}\cdot\text{K}$)보다 낮습니다. 이 특성은 물리브텐 코팅이 빠른 열 방출이 필요한 시나리오에서 이점을 제공합니다. 예를 들어, 반도체 제조 장비용 플라즈마 에칭 기계에서 물리브텐 코팅 전극은 효과적으로 열을 전도하고 장비 과열을 방지하며 작동 안정성을 향상시킬 수 있습니다. 열전도율은 또한 분무 중 액적의 냉각 속도에 영향을 미치며, 열전도율이 높을수록 액적이 기판 표면에서 빠르게 응고되어 코팅의 열 응력과 다공성을 줄이는 데 도움이 됩니다.

실제로, 물리브텐 코팅의 열전도율은 고온에서 약간 감소합니다. 예를 들어, 1000°C 에서 물리브텐의 열전도율은 약 $110\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 로 떨어지지만 대부분의 산업 요구 사항에는 여전히 충분합니다. 대조적으로, 세라믹 코팅(예: 열전도율이 약 $2\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 인 지르코니아)은 열전도율이 낮고 열이 축적되기 쉬운 반면, 물리브텐 코팅은 열전도율과 기계적 강도의 균형에서 더 많은 이점이 있습니다.

2.1.2 물리브텐 스프레이 와이어의 밀도와 경도

밀도 물리브텐의 밀도는 10.28 g/cm^3 로 텅스텐(19.25 g/cm^3)보다 낮지만 니켈(8.91 g/cm^3) 및 철(7.87 g/cm^3)보다 높습니다. 이 중간 밀도는 무게와 성능 간의 균형이 잘 맞기

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

때문에 경량이 필요한 항공우주 및 자동차 산업의 부품에 특히 적합합니다. 예를 들어, 자동차 피스톤 링에서 폴리브덴 코팅은 무게를 크게 증가시키지 않으면서 우수한 내마모성을 제공합니다.

폴리브덴 코팅의 밀도는 분사 품질에 직접적인 영향을 미칩니다. 밀도가 낮을수록 분무 과정에서 액적이 양호한 흐름을 유지하여 분무 과정에서 스패터 손실을 줄일 수 있습니다. 결과는 아크 폴리브덴 스프레이 와이어로 형성된 코팅의 밀도가 9.8-10.0g/cm³에 도달할 수 있음을 보여주며, 이는 이론 값에 가깝고 코팅이 높은 조밀성을 가지고 있음을 나타냅니다.

폴리브덴의 경도는 모스 스케일에서 5.5-6.0 (비커스 스케일에서 약 200-250)이며, 분무에 의해 형성된 폴리브덴 코팅의 경도는 일반적으로 분무 공정 및 후 처리에 따라 HV300-500 사이입니다. 예를 들어, 고속 화염 분무(HVOF) 공정은 최대 HV450의 경도로 폴리브덴 코팅을 형성할 수 있는 반면 플라즈마 분무 코팅은 일반적으로 HV350 정도입니다. 폴리브덴 코팅의 높은 경도는 기계적 마모에 강하며 특히 피스톤 링, 베어링 및 절삭 공구와 같은 고마찰 부품에 적합합니다.

경도는 또한 코팅의 미세 구조와 밀접한 관련이 있습니다. 폴리브덴 코팅의 입자 크기는 일반적으로 10-50μm이며 입자 크기가 작을수록 경도와 내마모성을 향상시키는 데 도움이 됩니다. 란타넘이나 세륨과 같은 희토류 원소를 도핑하면 입자를 더욱 정제할 수 있고 경도를 HV550까지 높일 수 있습니다. 예를 들어, 중국과학원(Chinese Academy of Sciences) 금속연구소(Institute of Metal Research)의 연구는 1% 란타넘으로 도핑된 폴리브덴 코팅이 경도를 15%, 내마모성을 20% 증가시켰다는 것을 보여주었습니다.

2.1.3 폴리브덴 스프레이 와이어의 열팽창 계수 및 열 안정성

폴리브덴의 열팽창 계수는 $4.8 \times 10^{-6}/K$ (20-1000°C)로 강철(약 $12 \times 10^{-6}/K$) 및 알루미늄(약 $23 \times 10^{-6}/K$)보다 훨씬 낮고 니켈계 초합금(약 $5.0 \times 10^{-6}/K$)에 가깝습니다. 열팽창 계수가 낮기 때문에 폴리브덴 코팅은 급격한 온도 변화가 있는 환경에서 열 응력을 줄여 코팅 균열 또는 박리의 위험을 줄일 수 있습니다. 예를 들어, 항공기 엔진에서 폴리브덴 코팅은 니켈 기반 합금 기관의 열팽창과 잘 일치하여 고온 및 저온 사이클 동안 코팅의 안정성을 보장합니다.

용사 중에 열팽창 계수는 코팅이 기관에 접합되는 품질에 영향을 미칩니다. 기관과 코팅 사이의 열팽창 계수의 차이가 너무 크면 고온에서 분무 한 후 코팅을 냉각 할 때 큰 잔류 응력이 발생하여 코팅이 벗겨집니다. 폴리브덴 코팅의 열팽창 계수가 낮기 때문에 스테인리스강, 티타늄 합금 및 초합금과 같은 광범위한 금속 기관에 적합합니다.

열 안정성 폴리브덴 코팅의 열 안정성은 용점이 높고 휘발성이 낮기 때문입니다. 질소 또는 진공과 같은 비산화성 대기에서 폴리브덴 코팅은 1600°C 이상에서 안정적이며 진공로, 전극 및 우주선 부품에 사용하기에 적합합니다. 그러나 산화성 분위기에서 폴리브덴은 500°C 이상의 휘발성 산화물(MoO_3)을 생성하여 코팅 품질을

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

저하시킵니다. 이 문제를 해결하기 위해 연구자들은 도핑된 몰리브덴 와이어(예: 도핑된 칼륨 또는 세륨)와 복합 코팅(예: 몰리브덴- Al_2O_3)을 개발하여 열 안정성을 개선했습니다. 예를 들어, 0.8% 세륨이 도핑된 몰리브덴 코팅은 1000°C 의 산화 분위기에서 수명을 30% 연장할 수 있습니다.

2.1.4 몰리브덴 스프레이 와이어의 전도성 및 저항률

전도도: 몰리브덴의 전도도는 약 $1.8 \times 10^7 \text{ S/m}$ (20°C)로 구리($5.9 \times 10^7 \text{ S/m}$)보다 낮지만 스테인리스강(약 $1.4 \times 10^6 \text{ S/m}$)보다 높습니다. 이 특성은 몰리브덴 코팅이 반도체 제조 장비의 전극 및 전자 부품의 전도층과 같이 전기 전도성이 필요한 응용 분야에서 이점을 제공합니다. 몰리브덴 코팅의 높은 전도성은 또한 스프레이 중 아크 저항을 줄여 아크 스프레이 공정을 안정화하는 데 도움이 됩니다.

저항률: 몰리브덴의 저항률은 $5.5 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ (20°C)이며 1000°C 에서 온도가 약간 상승(약 $2.0 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$)입니다. 낮은 저항으로 인해 몰리브덴 코팅은 고온 환경에서 우수한 전도성을 유지할 수 있으므로 고온 전극 및 저항 발열체에 적합합니다. 예를 들어, 유리로의 전극에서 몰리브덴 코팅은 1400°C 에서 안정적으로 전기를 전도할 수 있어 전극 수명을 약 40% 연장할 수 있습니다.

용사 공정에서 몰리브덴 와이어의 저항률은 아크 분무의 에너지 효율에 영향을 미칩니다. 저항이 낮다는 것은 전력 손실이 낮다는 것을 의미하므로 대규모 산업 생산에 적합합니다. 연구에 따르면 아크 분사 매개변수(예: 전류 400-600A)를 최적화하면 에너지 활용도를 최대 15%까지 높일 수 있습니다.

2.2 몰리브덴 스프레이 와이어의 화학적 성질

몰리브덴 스프레이 와이어의 화학적 특성은 부식성 환경 및 고온 산화 조건에서의 성능을 결정합니다. 몰리브덴의 화학적 불활성, 내식성 및 내산화성(특정 조건에서)으로 인해 화학, 해양 및 에너지 장비에 널리 사용됩니다. 다음은 내식성, 내산화성, 화학적 불활성 및 반응성의 세 가지 측면에서 분석됩니다.

2.2.1 몰리브덴 스프레이 와이어의 내식성

몰리브덴은 비산화성 산(예: 염산, 황산) 및 알칼리성 용액에 대한 내식성이 우수합니다. 예를 들어, 농도가 10%인 염산에서 몰리브덴의 부식 속도는 $0.01\text{mm}/\text{년}$ 에 불과하며 이는 스테인리스강(약 $0.1\text{mm}/\text{년}$)보다 훨씬 낮습니다. 이러한 특성으로 인해 몰리브덴 코팅은 석유 화학 반응기, 화학 파이프라인 및 해양 장비의 응용 분야에 중요합니다. 해수에서 몰리브덴 코팅은 아연 코팅보다 부식에 강하고 염화물 이온에 강하며 해양 플랫폼의 철골 구조물 보호에 적합합니다.

그러나 몰리브덴은 질산과 같은 산화성 산의 부식에 대한 저항력이 낮고 빠르게 용해되는 경향이 있습니다. 이 문제를 해결하기 위해 연구자들은 니켈이나 크롬을 첨가하여 내식성을 향상시키는 몰리브덴 기반 복합 코팅을 개발했습니다. 예를 들어, 몰리브덴-Ni 복합 코팅은 질산 환경에서 부식 속도를 50% 감소시킵니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

2.2.2 몰리브덴 스프레이 와이어의 내산화성

몰리브덴은 저온(<500°C)에서 내산화성이 우수하지만 고온의 산화 분위기(>500°C)에서는 휘발성 산화물(MoO_3)이 형성되기 쉬워 코팅 품질이 저하됩니다. 예를 들어, 800°C의 공기 중에서 순수 몰리브덴 코팅은 최대 0.1mm/h의 속도로 산화될 수 있어 고온 산화 환경에서의 적용이 제한됩니다.

항산화 활성을 개선하기 위해 연구진은 다음과 같은 방법을 사용했습니다.

도핑 기술: 희토류 원소(예: 란타넘, 세륨) 또는 알칼리 금속(예: 칼륨)을 도핑하면 안정적인 산화물 보호층을 형성할 수 있습니다. 예를 들어, 1% 란타넘이 도핑된 몰리브덴 코팅은 1000°C에서 산화 속도를 40% 감소시킵니다.

복합 코팅: 세라믹 재료(예: Al_2O_3 , ZrO_2)를 첨가하여 항산화 장벽을 생성합니다. 예를 들어, 몰리브덴- Al_2O_3 복합 코팅은 1200°C에서 내산화성이 50% 증가합니다.

보호 분위기: 몰리브덴 코팅은 질소 또는 아르곤으로 보호될 때 산화에 훨씬 더 강하여 진공로 및 우주선 부품에 사용하기에 적합합니다.

2.2.3 몰리브덴 스프레이 와이어의 화학적 둔함 및 반응성

몰리브덴은 실온에서 화학적으로 불활성이며 대부분의 비금속 원소(예: 산소, 질소)와 반응하거나 물이나 증기와 크게 반응하지 않습니다. 이 특성은 몰리브덴 코팅이 유리 용광로의 전극 및 화학 반응기의 라이닝과 같이 화학적 안정성이 중요한 시나리오에서 이점을 제공합니다.

그러나 고온에서 몰리브덴은 산소, 염소 및 불소와 특정 반응성을 갖습니다. 예를 들어, 600°C 이상에서는 몰리브덴이 산소와 반응하여 MoO_3 를 형성하여 코팅 손실이 발생합니다. 반응성을 줄이기 위해 연구진은 화학적 안정성을 크게 향상시키는 MoSi_2 보호층을 형성하기 위한 실리콘화와 같은 표면 개질 기술을 개발했습니다.

2.3 몰리브덴 스프레이 와이어의 기계적 성질

몰리브덴 스프레이 와이어의 기계적 특성은 고하중, 고마찰 및 복잡한 응력 환경에서의 성능을 결정합니다. 몰리브덴의 높은 강도, 연성 및 내마모성으로 인해 코팅은 항공 우주, 자동차 및 기계 공학 응용 분야의 요구 사항을 충족할 수 있습니다. 다음은 인장 강도 및 항복 강도, 연성 및 파괴 인성, 내마모성 및 피로 성능의 세 가지 측면에서 분석됩니다.

2.3.1 몰리브덴 스프레이 와이어의 인장 강도 및 항복 강도

인장 강도 몰리브덴 와이어의 인장 강도는 20°C에서 약 800-1000MPa로 알루미늄(약 200MPa)보다 훨씬 높지만 텅스텐(약 1500MPa)보다 낮습니다. 분무에 의해 형성된 몰리브덴 코팅의 인장 강도는 입자 미세화 및 다공성과 같은 미세 구조의 변화로 인해 일반적으로 500-700 MPa입니다. 고속 화염 분무(HVOF) 공정은 더 조밀한 코팅을 형성하기 때문에 코팅의 인장 강도를 약 800MPa로 증가시킵니다.

항복 강도 몰리브덴의 항복 강도는 약 600-800 MPa이고 스프레이 코팅의 항복 강도는 일반적으로 400-600 MPa입니다. 항복 강도는 코팅의 변형 저항에 직접적인 영향을

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

미칩니다. 예를 들어, 자동차 피스톤 링에서 몰리브덴 코팅의 높은 항복 강도는 고주파 진동과 열 응력에 저항할 수 있어 코팅의 균열을 방지할 수 있습니다.

2.3.2 몰리브덴 스프레이 와이어의 연성 및 파괴 인성

가단성 몰리브덴 와이어는 연성이 좋고 파단 신율은 약 10%-15%입니다. 란타넘과 같은 희토류 원소로 도핑하면 연성을 더욱 향상시킬 수 있습니다 (예 : 1 % 란타넘으로 도핑 된 몰리브덴 와이어는 최대 20 %의 파단 신율에 도달 할 수 있습니다). 스프레이 코팅의 연성은 약 5%-10%인 몰리브덴 와이어 본체보다 약간 낮지만 대부분의 산업 응용 분야에 충분합니다. 예를 들어, 항공기 엔진의 터빈 블레이드에서 몰리브덴 코팅의 연성은 열팽창 및 기계적 진동을 수용할 수 있어 코팅 박리를 줄일 수 있습니다.

파괴 인성몰리브덴 코팅의 파괴 인성(K_{IC})은 일반적으로 $10-15\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 이며, 이는 세라믹 코팅(예: 지르코니아, 약 $5\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$)보다 낮지만 니켈 기반 코팅(약 $8\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$)보다 높습니다. 높은 파괴 인성으로 인해 몰리브덴 코팅은 균열 전파에 저항할 수 있으며 광산 비트 및 단조 다이와 같은 충격 하중이 높은 부품에 사용하기에 적합합니다.

2.3.3 몰리브덴 스프레이 와이어의 내마모성 및 피로 특성

내마모성 : 몰리브덴 코팅의 내마모성은 높은 경도와 낮은 마찰 계수 (약 0.1-0.2) 때문입니다. 미끄럼 마찰 조건에서 몰리브덴 코팅의 마모율은 $0.01-0.05\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 에 불과하여 강철(약 $0.1\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$)보다 현저히 낮습니다. 예를 들어, 자동차 싱크로나이저 링에서 몰리브덴 코팅의 내마모성은 부품 수명을 3 배 연장합니다.

피로 특성몰리브덴 코팅의 피로 수명은 HCF(High Cycle Fatigue) 시험에서 잘 수행됩니다. 예를 들어, 몰리브덴 코팅의 피로 강도는 10°C 의 응력 하에서 약 400MPa 이므로 항공기 엔진의 회전 부품에 적합합니다. 연구에 따르면 다공성 감소와 같은 분무 공정을 최적화하면 피로 수명을 최대 20%까지 늘릴 수 있습니다.

2.4 스프레이 코팅 성능

몰리브덴 스프레이 와이어에 의해 형성된 코팅 특성은 산업 응용 분야에서의 효과에 직접적인 영향을 미칩니다. 코팅의 접착력, 다공성, 고온 저항 및 표면 특성은 품질을 평가하는 핵심 지표입니다. 다음은 네 가지 측면에서 분석된 것입니다.

2.4.1 코팅 접착력 및 접착 강도

몰리브덴 코팅의 접착력은 일반적으로 50-100 MPa의 접착 강도로 인장 시험(ASTM C633)으로 측정됩니다. 고속 화염 분무(HVOF) 공정은 최대 100MPa의 결합 강도로 코팅을 형성할 수 있는 반면, 아크 분무는 일반적으로 50-70MPa의 결합 강도를 갖습니다. 접착의 강도는 코팅 매개변수(예: 100-150mm 스프레이 거리, 가스 흐름 50-80L/min) 및 기판 표면 처리(예: 블라스팅 거칠기)에 따라 다릅니다.

2.4.2 코팅 다공성 및 균일성

몰리브덴 코팅의 다공성은 일반적으로 분무 공정에 따라 0.5%-5% 사이입니다. HVOF

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

공정의 다공성은 0.5%만큼 낮을 수 있는 반면 아크 스프레이의 다공성은 약 3%-5%입니다. 낮은 다공성은 코팅의 부식 및 내마모성을 향상시키는 데 도움이 됩니다. 코팅 두께의 균일성은 $\pm 5\mu\text{m}$ 이내로 제어되어 고정밀 응용 분야에 적합합니다.

2.4.3 고온 및 열 충격에 대한 코팅 저항

몰리브덴 코팅은 비산화 분위기에서 1600°C 이상을 견딜 수 있지만 산화 분위기에서는 고온(약 500°C)에 대한 내성이 제한적입니다. 도핑 또는 복합 코팅은 1000°C 에서 안정적으로 작동하는 세륨 도핑된 몰리브덴 코팅과 같은 고온 저항을 향상시킬 수 있습니다. 열충격 저항은 열간 및 저온 사이클링 테스트로 평가되었으며 몰리브덴 코팅은 1000°C 에서 실온까지 최대 500 회 동안 안정적이었습니다.

2.4.4 코팅의 표면 거칠기 및 미세 구조

몰리브덴 코팅의 표면 거칠기(Ra)는 일반적으로 $0.2\text{-}2.0\mu\text{m}$ 이며 HVOF 공정은 $Ra \leq 0.2\mu\text{m}$ 의 거울 효과를 달성할 수 있습니다. 미세 구조는 몰리브덴 코팅이 입자 크기가 $10\text{-}50\mu\text{m}$ 인 층이 쌓인 평평한 입자로 구성되어 있음을 보여줍니다. 미세한 입자 크기는 경도와 내마모성을 높이는 데 기여합니다.

2.5 CTIA GROUP LTD 몰리브덴 스프레이 와이어 MSDS

현재 일반적으로 안전 데이터 시트 (SDS)로 알려진 물질 안전 데이터 시트 (MSDS)는 국제 표준화기구 (ISO 11014) 및 화학 물질 분류 및 라벨링 세계 조화 시스템 (GHS)의 요구 사항을 충족하는 포괄적인 기술 문서로, 물리적 및 화학적 특성, 잠재적 위험, 안전한 사용, 화학 물질 또는 물질의 보관, 운송, 응급 치료 및 관련 규정. 고순도 금속 재료인 몰리브덴 스프레이 와이어는 용사 공정에 널리 사용되며 MSDS 는 제조업체, 사용자, 운송 요원 및 응급 구조원에게 포괄적인 안전 지침을 제공하여 작업장 및 운송 중 산업 보건 및 안전 표준을 준수하도록 설계되었습니다.

파트 1: 화학물질 및 사업자 식별

화학 이름 : 몰리브덴 와이어

CAS 번호 : 7439-98-7

권장 용도 : 열 용사 공정 (예 : 아크 스프레이, 화염 스프레이)에 사용되어 내마모성 및 고온 내성 코팅을 형성하여 항공 우주, 자동차 산업, 에너지 장비 등에 적합합니다. 사용 제한: 항산화 조치를 취하지 않는 한 고온 산화 분위기($>500^{\circ}\text{C}$)에서는 사용하지 않는 것이 좋습니다.

파트 2: 위험 개요

GHS 분류: 몰리브덴 스프레이 와이어는 무해한 화학 물질이며 GHS 위험 분류 범위에 속하지 않습니다.

위험 범주: 특정 위험 분류는 없지만 가공 또는 분무 중에 몰리브덴 분진 또는 연기가 발생할 수 있으며, 이는 잠재적인 흡입 위험입니다.

건강 위험: 몰리브덴 가루를 장기간 흡입하면 호흡기 자극을 유발할 수 있으며 단기 노출은 심각한 건강 위험이 없습니다.

물리적 위험: 고체 몰리브덴 와이어는 가연성이나 폭발성이 없지만 분무 과정에서

저작권 및 법적 책임 선언문

고온에서 녹으면 화재의 위험이 있습니다.

환경적 위험: 심각한 환경적 피해가 없으며 몰리브덴은 무독성 금속이며 폐기물을 재활용할 수 있습니다.

경고: 주의

위험 성명:

H335: 호흡기 자극(가공 또는 분무로 인한 분진)을 유발할 수 있음.

H315: 장기간 피부 접촉 시 경미한 자극이 발생할 수 있습니다.

예방 조치 문구:

P261: 분진이나 연기를 흡입하지 마시오.

P280: 작동시 보호장갑/보호경/호흡보호구를 착용하십시오.

P305+P351+P338: 눈에 들어간 경우, 콘택트렌즈를 쉽게 제거할 수 있는 경우 몇 분 동안 물로 행구고, 제거한 후 계속 행구시오.

파트 3: 구성/구성 정보

화학 성분 : 몰리브덴 (Mo), 순도 $\geq 99.95\%$

불순물 : 미량의 철 ($Fe < 0.01\%$), 니켈 ($Ni < 0.005\%$), 탄소 ($C < 0.01\%$) 등을 포함 할 수 있습니다.

도핑 요소(선택 사항): 일부 몰리브덴 스프레이 와이어에는 내산화성 또는 연성 향상을 위해 란타넘($La < 1\%$), 세륨($Ce < 1\%$) 또는 칼륨($K < 0.1\%$)이 도핑될 수 있습니다.

형태 : 단단한 금속 와이어, 직경 1.0-3.2mm, 매끄러운 표면 또는 미량 산화물 층 (검은 색 몰리브덴 와이어).

파트 4: 응급 처치 방법

피부 접촉: 몰리브덴 필라멘트나 먼지가 피부에 닿은 경우 특별한 처리 없이 비눗물과 물로 행굽니다. 자극이 발생하면 즉시 의사의 진료를 받으십시오.

눈 접촉: 몰리브덴 가루가 눈에 들어간 경우 눈꺼풀을 들어 올리고 흐르는 물이나 식염수로 최소 15 분 동안 행굽니다. 불편함이 지속되면 즉시 의사의 진료를 받으십시오.

흡입: 몰리브덴 분진이나 스프레이 연기를 흡입한 경우 즉시 신선한 공기로 옮겨 호흡기를 열어 두십시오. 호흡 곤란이 있는 경우 산소를 공급하고 의사의 진료를 받으십시오.

우발적 섭취: 몰리브덴 와이어는 단단한 금속이며 우발적 섭취 가능성은 매우 낮습니다. 이런 일이 발생하면 즉시 의사의 진료를 받고 구토를 유도하지 마십시오.

응급 처치 요원 보호: 응급 처치 요원은 먼지 흡입을 피하기 위해 보호 장갑과 마스크를 착용해야 합니다.

파트 5: 화재 예방 조치

소화 방법: 몰리브덴 와이어 자체는 불연성이지만 분무 과정에서 고온으로 용융되어 화재가 발생할 수 있습니다. 화재 진압 시에는 건조 분말, 거품 또는 이산화탄소 소화기를 사용하며, 물 사용은 금지(금속 분진 폭발의 원인이 될 수 있음)를 금지합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

특수 위험: 산화몰리브덴(MoO_3) 연기는 자극적인 고온에서 생성될 수 있으며 호흡기 보호 장비가 필요합니다.

화재 예방 조치: 소방관은 유독 가스를 흡입하지 않도록 전신 보호복과 기도 양압 호흡기를 착용해야 합니다.

파트 6: 유출의 응급 치료

비상 조치: 몰리브덴 와이어는 고체 물질로 액체 누출의 위험이 없습니다. 가공 또는 분무로 인해 몰리브덴 분진이 발생하는 경우 즉시 오염된 지역을 격리하여 분진이 퍼지는 것을 방지하십시오.

수집 방법: 방폭형 진공 청소기 또는 습식 스위치를 사용하여 먼지를 모으고 먼지를 피하십시오. 포집된 분진은 용기에 밀봉하여 전문 기관에 인계하여 재활용해야 합니다.

환경 보호: 몰리브덴 먼지는 환경에 미치는 영향이 적지만 수역이나 토양에 유입되지 않도록 해야 합니다.

개인 보호구: 핸들러는 먼지를 흡입하거나 노출되지 않도록 보호 안경, 마스크 및 장갑을 착용해야 합니다.

파트 7: 취급, 취급 및 보관

예방 조치:

먼지가 쌓이지 않도록 환기가 잘 되는 환경에서 작동하십시오.

아크 스프레이 건과 같은 특수 스프레이 장비를 사용하여 정전기 스파크를 방지하기 위해 장비를 접지하십시오.

산화 조치를 취하지 않는 한 고온 산화 분위기($>500^\circ\text{C}$)에서 직접 사용을 피하십시오.

분무 과정에서 먼지 확산을 방지하기 위해 집진 시스템이 장착되어 있습니다.

보관을 위한 주의사항:

습기가 없는 건조하고 통풍이 잘되는 창고에 보관하십시오(표면의 산화를 방지하기 위해).

보관 온도는 $5-30^\circ\text{C}$ 로 제어되고 습도는 60% 미만입니다.

강한 산화제(예: 질산, 염소) 및 산성 물질로부터 멀리하십시오.

포장은 기계적 손상을 방지하기 위해 비닐 봉지나 금속 용기에 밀봉되어 있습니다.

파트 8: 노출 제어/개인 보호

엔지니어링 제어: 로컬 배기 시스템 또는 집진 장비를 사용하여 작업장 공기의 몰리브덴 먼지 농도를 OSHA PEL($15\text{mg}/\text{m}^3$, 총 먼지) 미만으로 유지합니다.

개인 보호구:

호흡기 보호구: 먼지 농도가 높은 NIOSH 인증 N95 또는 P100 방진 마스크를 착용하십시오.

눈 보호: 먼지가 눈에 들어가지 않도록 화학 보안경을 착용하십시오.

피부 보호: 장시간 접촉을 피하기 위해 보호 장갑과 작업복을 착용하십시오.

기타 보호: 스프레이 작업자는 고온 비말 화상을 방지하기 위해 고온 보호복을 착용해야 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

직업적 노출 한도:

중국 GBZ 2.1-2019: 폴리브덴 먼지 TLV-TWA 는 $10\text{mg}/\text{m}^3$ (총 먼지)입니다.

OSHA PEL: $15\text{mg}/\text{m}^3$ (총 분진), $5\text{mg}/\text{m}^3$ (호흡성 분진).

ACGIH TLV: $10\text{mg}/\text{m}^3$ (통기성 분진), $3\text{mg}/\text{m}^3$ (통기성 분진).

파트 9: 물리 화학적 특성

외관 및 특성 : 은백색 금속 와이어, 매끄러운 표면 또는 미량 산화물 층 (검은 색 폴리브덴 와이어).

녹는점: $2623\text{ }^{\circ}\text{C}$

끓는점: $4639\text{ }^{\circ}\text{C}$

밀도 : $10.28\text{g}/\text{cm}^3$ (20°C)

열전도율: $138\text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$ (20°C)

열팽창 계수: $4.8\times 10^{-6}/\text{K}$ ($20\text{-}1000^{\circ}\text{C}$).

저항 : $5.5\times 10\text{ }\Omega\cdot\text{m}$ ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$)

경도 : 모스 경도 5.5-6.0, 비커스 경도 HV200-250

용해도 : 물, 산 또는 알칼리에 불용성이며 고온 농축 질산 또는 왕수 용액에 용해됩니다.

휘발성: 비휘발성이지만 휘발성 MoO_3 는 고온 산화 분위기에서 생성될 수 있습니다.

파트 10: 안정성 및 반응성

안정성: 실온에서 안정하며 MoO_3 는 고온 산화 분위기($>500^{\circ}\text{C}$)에서 형성될 수 있습니다.

반응성: 강한 산화제(예: 질산, 염소)와 반응하여 산화물 또는 할로겐화물을 생성합니다. 강산 및 알칼리와의 접촉을 피하십시오.

금지 물질: 강한 산화제, 할로젠 가스, 산성 물질.

분해 생성물: 고온에서 MoO_3 연기로 분해될 수 있으며, 이는 자극적입니다.

파트 11: 독성 정보

급성 독성 : 현저한 급성 독성 없음, LD_{50} (경구, 쥐) $> 2000\text{ mg}/\text{kg}$.

만성 독성: 고농도의 폴리브덴 분진을 장기간 흡입하면 발암성의 증거 없이 호흡기 자극 또는 폐 염증을 유발할 수 있습니다(IARC 에서 발암 물질로 분류되지 않음).

피부 자극: 장기간 노출되면 가벼운 자극을 유발할 수 있으며 민감하지 않습니다.

눈 자극: 폴리브덴 먼지는 기계적 자극을 유발할 수 있으며 부식성이 없습니다.

생식 독성: 생식 독성 또는 기형 유발성에 대한 데이터가 없다.

기타: 폴리브덴은 인체에 필수적인 미량 원소이며 과도한 흡입은 혈중 폴리브덴 농도를 증가시킬 수 있지만 건강에 큰 위험은 없습니다.

파트 12: 생태 정보

환경 영향: 폴리브덴 와이어는 단단한 금속으로 환경에 큰 해를 끼치지 않습니다. 폐기물은 수역이나 토양에 유입되지 않도록 재활용 및 처리할 수 있습니다.

생물 농축 : 생물 농축 물질이 없습니다.

생태독성: 수생 생물에 대한 심각한 독성 없음, LC_{50} (어류, 96 시간) $> 100\text{mg}/\text{L}$.

지속성 및 분해성: 해당 없음, 폴리브덴은 분해되지 않는 금속입니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

파트 13: 폐기

폐기 방법: 폐폴리브덴 와이어는 밀봉하여 수거하여 전문 재활용 기관에 인계하여 처리해야 하며, 임의로 폐기하는 것은 금지되어 있습니다.

재활용: 폴리브덴은 제련 또는 화학적 정제를 통해 재사용하는 것이 권장되는 재활용 가능한 금속입니다.

규제 요구 사항: 고형 폐기물에 의한 환경 오염 방지 및 통제에 관한 중국의 법률 및 EU RoHS 지침에 따라 폐기물을 환경으로 배출하는 것은 금지되어 있습니다.

섹션 14: 배송 정보

UN 번호: 없음(비유해물질).

선적 이름: 폴리브덴 철사.

운송 위험 카테고리: IMDG(International Maritime Dangerous Goods Code) 및 IATA(International Air Transport Association) 요건에 따른 비위험물.

포장 요구 사항: 기계적 손상을 방지하기 위해 밀봉된 비닐 봉지 또는 금속 용기를 사용하십시오.

운송을 위한 주의사항: 운송 중에는 건조하게 유지하고 강한 산화제와 혼합하지 마십시오.

파트 15: 규제 정보

중국 규정:

"유해 화학 물질에 대한 라벨링 및 일반 규칙"(GB/T 15258-2009)을 준수합니다.

직업 작업장의 위험 요인에 대한 직업적 노출 제한(GBZ 2.1-2019)을 준수합니다.

국제 규정:

EU REACH 규정(EC 번호 1907/2006)에 따라 폴리브덴은 SVHC(고위험성 우려 물질)에 속하지 않습니다.

OSHA 위험 커뮤니케이션 표준(29 CFR 1910.1200)을 충족합니다.

캐나다 WHMIS(작업장용 위험 물질 정보 시스템) 요구 사항을 충족합니다.

기타 : 폴리브덴 와이어의 생산 및 사용은 ISO 14001 환경 경영 시스템 및 ISO 9001 품질 경영 시스템의 적용을받습니다.

섹션 16: 추가 정보

공급 업체: CTIA GROUP LTD

전화: 0592-5129696/5129595



CTIA GROUP LTD 몰리브덴 스프레이 와이어

Chapter 3 : 몰리브덴 스프레이 와이어의 준비 및 생산 공정

3.1 몰리브덴 스프레이 와이어 원료 준비

몰리브덴 스프레이 와이어의 제조는 원료의 선택 및 가공으로 시작되며, 높은 용점 및 내식성 전이 금속인 몰리브덴의 고품질 제조 공정은 최종 제품의 성능을 직접 결정합니다. 원료 준비에는 몰리브덴 광석에서 고순도 몰리브덴 화합물을 추출하는 작업이 포함되며, 이는 다시 성형에 적합한 고순도 몰리브덴 분말로 가공 됩니다. 이 공정은 기술 집약적일 뿐만 아니라 재료 일관성과 신뢰성을 보장하기 위해 정교한 공정 제어가 필요합니다. 이 섹션에서는 몰리브덴 광석의 선광 및 정제 기술, 고순도 몰리브덴 분말의 생산 공정, 몰리브덴 분말의 품질 관리 및 테스트에 대해 자세히 설명합니다.

3.1.1 몰리브덴 광석 선광 및 정제 기술

몰리브덴은 주로 자연에서 짙은 회색의 금속 황화물 광물인 몰리브데나이트(MoS_2)의 형태로 발견되며, 구리, 텅스텐 및 철과 같은 금속 광물과 관련이 있는 경우가 많습니다. 전 세계적으로 몰리브덴 광석 자원의 분포는 중국, 미국, 칠레 및 페루가 주요 생산 지역이며 그 중 중국이 풍부한 매장량과 생산량으로 지배적입니다. 중국의 몰리브덴 광석은 주로 허난성 루안완성, 산시성 진두이청, 길림성 다혜이산에 분포되어 있으며, 이 광산 지역에서 생산되는 몰리브덴 광석은 품질이 좋지만 복잡한 선광 및 정제 과정을 통해 분리해야 하는 다양한 불순물을 포함하는 경우가 많습니다.

선광 과정의 첫 번째 단계는 원광석을 물리적으로 분쇄하는 것입니다. 채굴된 몰리브덴 광석은 크며 일반적으로 조 크러셔와 콘 크러셔에 의해 더 작은 입자로 분쇄해야 합니다. 이 과정은 간단해 보일 수 있지만 과도한 파쇄로 인한 미네랄

저작권 및 법적 책임 선언문

손실이나 먼지 오염을 방지하기 위해 파쇄 공장의 매개변수를 정밀하게 제어해야 합니다. 분쇄된 광석 입자는 볼 밀 또는 로드 밀과 같은 연삭 장비로 공급되어 미세 분말로 더 분쇄됩니다. 분쇄의 목적은 관련 광물에서 몰리브데나이트 입자를 방출하고 후속 분리를 위한 조건을 만드는 것입니다. 이 단계에서 입자가 너무 굵으면 가공 효율이 떨어지고 입자가 너무 미세하면 처리 비용이 증가할 수 있으므로 분쇄 입자 크기의 균일성에 특별한 주의를 기울여야 합니다.

광물 가공의 핵심 공정은 표면 특성의 차이를 사용하여 광물을 분리하는 방법인 부유 선광 기술입니다. 부유 선광 과정에서 미세하게 분쇄된 광석을 물과 혼합하여 슬러리를 형성하고 수집기, 발포제 및 컨디셔너를 포함한 특정 화학 물질을 추가됩니다. 수집기 (예 : 크 산틴 산 염 또는 테르 피네올)는 몰리브 데나이트 입자의 표면에 선택적으로 흡착되어 소수성으로 만듭니다. 발포제는 슬러리에서 안정적인 거품을 생성하고, 소수성 몰리브데나이트 입자는 거품에 부착되어 거품과 함께 표면으로 떠오르는 반면, 친수성 불순물 미네랄은 슬러리 바닥으로 가라앉습니다. 부유 선광 공정에는 일반적으로 여러 사이클이 필요하며 황산, 선택 및 스위프를 통해 몰리브데나이트의 등급이 점차 증가하고 최종적으로 고순도 몰리브덴 농축액이 얻어집니다. 이 농축액은 기름기가 많은 광택이 있는 짙은 회색을 띠고 있어 후속 정제에 이상적인 원료입니다.

몰리브덴 농축액의 정제 공정은 몰리브덴 금속, 일반적으로 몰리브덴 산화물(MoO_3) 생산에 사용할 수 있는 화합물로 몰리브데나이트를 전환하도록 설계되었습니다. 정제의 첫 번째 단계는 로스팅으로, 몰리브덴 농축액을 대형 회전식 가마 또는 다중 챔버 용광로에 공급하여 고온에서 산소와 반응합니다. 로스팅 과정에서 몰리브데나이트의 황은 이산화황 가스로 산화되어 방출되고 몰리브덴은 산화몰리브덴으로 전환됩니다. 이 공정에서는 황을 완전히 제거하는 동시에 산화몰리브덴 휘발의 손실을 방지하기 위해 온도 및 산소 공급을 정밀하게 제어해야 합니다. 로스팅 후 산화몰리브덴은 노란색 또는 흰색 분말이지만 여전히 미량의 구리, 철 또는 추가 화학적 정제가 필요한 기타 불순물을 포함할 수 있습니다.

화학적 정제는 일반적으로 암모니아 침출 공정을 사용하여 수행됩니다. 몰리브덴 산화물은 암모니아에 용해되어 몰리브덴 산염 암모늄 용액을 형성하는 반면, 불용성 불순물은 여과되고 분리됩니다. 그 후, 고순도 몰리브덴산 암모늄은 증발 결정화 또는 산 침전에 의해 용액에서 침전됩니다. 이 화합물은 고순도 몰리브덴 분말 생산에 이상적인 전구체이며 그 순도는 후속 공정의 성공에 직접적인 영향을 미칩니다. 전체 선광 및 정제 공정은 광범위한 광석 파쇄에서 미세 화학적 분리에 이르기까지 현대 야금 기술의 복잡성을 반영하며, 각 단계는 최종 제품의 품질을 보장하기 위해 신중하게 설계되어야 합니다.

3.1.2 고순도 몰리브덴 분말의 생산 공정

고순도 몰리브덴 분말은 몰리브덴 스프레이 와이어의 기본 재료이며 생산 공정은 수소 환원을 중심으로 이루어지며, 이는 매우 높은 순도와 적절한 입자 특성을 유지하면서 산화 몰리브덴을 금속 몰리브덴으로 변환하는 것을 목표로 합니다. 이 프로세스에는 고급 장비 지원뿐만 아니라 몰리브덴 분말이 몰리브덴 스프레이

저작권 및 법적 책임 선언문

와이어에 대한 엄격한 요구 사항을 충족하는지 확인하기 위해 화학 반응 및 재료 특성에 대한 깊은 이해가 필요합니다.

고순도 몰리브덴 분말의 생산은 산화 몰리브덴의 정제로 시작됩니다. 로스팅으로 얻은 산화몰리브덴에는 화학적 방법으로 추가로 정제해야 하는 미량의 불순물이 포함될 수 있습니다. 암모니아 침출은 일반적으로 사용되는 정제 방법으로 용액의 pH 와 온도를 조절하여 철, 구리, 규소와 같은 불순물을 효과적으로 제거할 수 있습니다. 정제된 산화몰리브덴은 후속 환원 공정을 준비하기 위해 건조되고 미세 입자로 분쇄됩니다. 이 단계의 각 공정은 외부 오염 물질의 유입을 방지하기 위해 깨끗한 환경에서 수행해야 합니다.

수소 환원은 몰리브덴 분말 생산의 핵심 공정이며 일반적으로 두 단계로 수행됩니다. 첫 번째 단계는 산화몰리브덴을 이산화몰리브덴(MoO_2)으로 환원시키는 것입니다. 이 반응은 튜브로 또는 푸셔 용광로에서 발생하며, 여기서 산화몰리브덴 분말을 고온 보트 접시에 넣고 가열 영역을 천천히 통과합니다. 수소 대기의 보호 하에서 산화 몰리브덴은 수소와 반응하여 수증기를 방출하고 이산화 몰리브덴을 형성합니다. 이 공정에서는 반응이 완료되고 입자가 응집되지 않도록 하기 위해 용광로 온도와 수소 흐름을 정밀하게 제어해야 합니다. 이산화 몰리브덴은 짙은 갈색이며 입자가 느슨하며 이는 환원의 두 번째 단계의 중간 생성물입니다.

두 번째 단계는 이산화 몰리브덴을 금속 몰리브덴 분말로 더 환원시키는 것입니다. 이 과정은 더 높은 온도에서 이루어져야 하며 수소는 계속해서 환원제로 작용하여 이산화몰리브덴과 반응하여 몰리브덴 금속 및 수증기를 형성합니다. 환원로의 설계는 매우 중요하며, 점진적인 온도 상승을 달성하기 위해 여러 가열 영역을 사용하는 경우가 많습니다. 고온 감소는 용광로 내부의 순수한 대기를 필요로 할 뿐만 아니라 대형 입자의 형성을 피하기 위해 입자의 성장 속도를 제어해야 합니다. 최종 몰리브덴 분말은 은회색이며 입자가 미세하고 균일하며 유동성과 압축성이 우수합니다.

감소된 몰리브덴 분말은 입자 크기와 분포가 인발 공정의 요구 사항을 충족하는지 확인하기 위해 체질하고 등급을 매겨야 합니다. 기류 분류기 또는 진동 스크린은 다양한 입자 크기의 분말을 분리하는 데 사용되며, 미세 입자는 고정밀 응용 분야에 사용되고 더 큰 입자는 재처리됩니다. 전체 생산 공정은 먼지 오염 또는 산화를 방지하기 위해 클린룸 또는 통제된 환경에서 수행됩니다. 몰리브덴 분말의 제조는 화학과 엔지니어링의 조합일 뿐만 아니라 세부 사항과 품질에 대한 궁극적인 추구이기도 합니다.

3.1.3 몰리브덴 분말의 품질 관리 및 테스트

몰리브덴 분말의 품질은 몰리브덴 스프레이 와이어의 성능을 직접 결정하므로 품질 관리 및 테스트는 원료 준비의 핵심 링크입니다. 이 프로세스에는 몰리브덴 분말의 화학적 조성, 물리적 특성 및 미세 구조에 대한 철저한 평가가 포함되어 엄격한 산업 표준을 충족하는지 확인합니다. 품질 관리는 기술적 수단의 사용뿐만 아니라 원료에서 완제품에 이르는 모든 링크를 통해 실행되는 생산 공정의 체계적인

저작권 및 법적 책임 선언문

관리입니다.

화학 성분의 검출은 품질 관리의 주요 임무입니다. 몰리브덴 분말의 순도는 매우 높으며 미량의 불순물은 후속 공정 또는 최종 코팅의 성능에 영향을 미칠 수 있습니다. 일반적으로 사용되는 검출 방법에는 ICP-OES(Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy)가 있으며, 이를 통해 철, 니켈, 탄소 및 산소와 같은 몰리브덴 분말의 원소 함량을 빠르고 정확하게 분석할 수 있습니다. 산소가 너무 많으면 몰리브덴 분말이 고온에서 산화되어 드로잉 또는 스프레이 효과에 영향을 줄 수 있으므로 산소 함량 제어가 특히 중요합니다. 불활성 가스 용융 방법은 산소 함량을 측정하는 표준 방법으로, 샘플을 가열하고 방출된 가스를 분석하여 정확하게 측정됩니다.

입자 크기 분포, 지형 및 유동성을 포함한 물리적 특성을 테스트합니다. 입자 크기 분포는 프레스 및 소결 중 몰리브덴 분말의 거동에 영향을 미치며 레이저 입자 크기 분석기는 입자의 크기와 분포를 측정하는 데 널리 사용됩니다. 이상적인 몰리브덴 분말은 균일한 입자 크기를 가져야 하며, 입자가 너무 크면 성형 결함이 발생할 수 있고 입자가 너무 미세하면 유동성이 저하될 수 있습니다. 주사 전자 현미경(SEM)은 몰리브덴 분말의 형태를 관찰하고 입자가 규칙적으로 구형인지 또는 응집이 있는지 확인하는 데 사용됩니다. 유량 테스트는 홀 유량계에 의해 수행되어 깔때기에 있는 분말의 유속을 평가하며, 이는 분말 야금 공정의 안정성에 매우 중요합니다.

품질 관리에는 엄격한 프로세스 관리도 포함됩니다. 몰리브덴 분말의 각 배치에는 완전한 추적성을 위해 원료 원산지, 생산 매개변수 및 테스트 결과를 포함한 자세한 문서가 필요합니다. 이 추적성 메커니즘은 잠재적인 문제를 식별하는 데 도움이 될 뿐만 아니라 프로세스 최적화를 위한 데이터 지원도 제공합니다. ISO 9001 과 같은 국제 품질 경영 시스템 표준은 몰리브덴 분말 생산에 대한 규범적 프레임워크를 제공하여 작업의 모든 단계가 설정된 요구 사항을 충족하도록 합니다. 이러한 조치를 통해 제조업체는 일관된 품질과 우수한 성능으로 몰리브덴 분말을 생산할 수 있어 코팅된 몰리브덴 와이어 준비를 위한 견고한 기반을 마련할 수 있습니다.

3.2 몰리브덴 와이어 성형 공정

분무를 위해 고순도 몰리브덴 분말을 몰리브덴 와이어로 변환하는 것은 분말에서 필라멘트까지 다단계 가공을 포함하는 복잡한 공정입니다. 몰리브덴의 단단하고 부서지기 쉬운 특성으로 인해 성형 공정이 까다로워지며 와이어의 강도, 균일성 및 표면 품질을 보장하기 위해 정교한 장비와 공정 제어가 필요합니다. 이 섹션에서는 분말 야금 성형 기술, 몰리브덴 와이어 드로잉 공정, 어닐링 및 응력 제거, 표면 세척 및 연마에 대해 자세히 설명합니다.

3.2.1 분말 야금 성형 기술

분말 야금은 몰리브덴 와이어 성형의 기본 공정으로, 몰리브덴 분말을 조밀한 블랭크로 압착 및 소결하여 후속 와이어 인발을 위한 원료를 제공합니다. 물리적 압축과 고온 처리를 결합한 이 공정은 몰리브덴 분말의 특성을 효과적으로 활용하여 고강도 몰리브덴 블랭크를 생산할 수 있도록 합니다.

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

CTIA GROUP LTD
Molybdenum Spray Wire Introduction

1. Overview of Molybdenum Spray Wire

Molybdenum spray wire is a high-purity molybdenum metal wire that is melted and deposited onto a substrate surface through thermal spray techniques such as flame spraying, plasma spraying, arc spraying, or HVOF (High Velocity Oxy-Fuel). The resulting coating offers excellent resistance to wear, corrosion, and high temperatures. Due to its high melting point and superior performance, molybdenum wire is widely used across various industrial sectors.

2. Characteristics of Molybdenum Spray Wire

High Melting Point: Approximately 2623°C, suitable for high-temperature environments.

Excellent Corrosion Resistance: Resists attack from acids, alkalis, and chemical media.

High Hardness & Wear Resistance: Tough coating that withstands mechanical wear.

Low Friction Coefficient: Reduces component wear and improves efficiency.

Chemical Stability: Maintains performance in harsh environments.

High Thermal Conductivity: Effectively dissipates heat and extends component lifespan.

3. Typical Uses of Molybdenum Spray Wire

Aerospace: Turbine blades, engine parts, thermal barrier coatings.

Automotive Industry: Wear-resistant coatings for piston rings, engine blocks, and brake discs.

Chemical & Energy Sectors: Corrosion-resistant pipelines, heat exchangers, wind power equipment.

Electronics & Semiconductors: Vacuum deposition heating wires, semiconductor leads.

Medical Field: Corrosion-resistant coatings for implants and surgical instruments.

Others: Marine anti-corrosion, wear-resistant construction machinery, high-temperature furnaces.

4. Basic Data of Molybdenum Spray Wire from CTIA GROUP LTD

Purity	≥99.95%
Density	10.2 g/cm ³
Diameter Range	1.0-3.0 mm, customizable
Tensile Strength	Moderate to ensure stable wire feeding
Packaging	Customized Packaging

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.molybdenum.com.cn

분말 야금의 첫 번째 단계는 프레스 성형입니다. 고순도 몰리브덴 분말은 특수 강철 금형에 포장되고 유압 프레스는 고압을 가하여 분말 입자를 단단히 압축하여 소위 "녹색 빌렛"을 형성합니다. 녹색 형태는 강도가 낮고 입자 사이의 기계적 피팅에 의해서만 유지되므로 취급 및 가공시 각별한 주의가 필요합니다. 프레스 공정에서는 블랭크 내부의 균열이나 고르지 않은 밀도를 방지하기 위해 압력의 크기와 분포를 제어해야 합니다. 일부 고급 프레스 장비는 냉간 등압 프레스 기술을 채택하여 액체 매체를 통해 균일한 압력을 가하여 녹색 빌렛의 밀도와 균일성을 더욱 향상시킵니다.

그 다음에는 소결 공정이 이어지며, 이 과정에서 녹색 빌렛은 열처리를 위해 고온 용광로에 공급됩니다. 소결은 일반적으로 고온에서 몰리브덴 산화를 방지하기 위해 수소 또는 진공 환경에서 수행됩니다. 소결로의 온도는 몰리브덴의 용점 이하로 정밀하게 제어되며, 이로 인해 분말 입자가 확산에 의해 결합되어 강한 금속 구조를 형성합니다. 소결 공정은 블랭크의 밀도를 증가시킬 뿐만 아니라 기계적 특성을 개선하여 후속 가공을 견딜 수 있도록 합니다. 소결 몰리브덴 블랭크는 은회색, 매끄러운 표면 및 조밀한 내부 구조를 가지고 있어 와이어 드로잉 공정에 이상적인 시작점입니다.

소결 몰리브덴 빌렛은 크기와 모양을 조정하기 위해 열간 단조 또는 열간 압연과 같은 추가 열간 가공이 필요한 경우가 많습니다. 열간 단조는 망치질 또는 압출로 블랭크를 변형시키고 입자 구조를 정제하고 강도를 향상시킵니다. 열간 압연은 일련의 롤을 통해 블랭크를 가느다란 몰리브덴 막대로 압연하여 와이어 드로잉 공정을 준비합니다. 이러한 열간 가공 단계는 몰리브덴의 연성을 향상시키는 동시에 냉간 가공으로 인한 취성 파괴를 방지하기 위해 고온에서 수행해야 합니다. 분말 야금 기술의 성공은 느슨한 분말을 거친 금속 블랭크로 변환하여 몰리브덴 와이어 형성의 토대를 마련하는 데 있습니다.

3.2.2 몰리브덴 와이어 드로잉 공정

몰리브덴 와이어 드로잉은 몰리브덴 막대를 필라멘트로 가공하는 데 중요한 단계이며, 와이어가 균일한 직경과 매끄러운 표면을 갖도록 하기 위해 몰리브덴의 단단하고 부서지기 쉬운 특성을 극복해야 합니다. 도면 프로세스는 단일 모드 와이어 드로잉과 다중 모드 연속 와이어 드로잉의 두 가지 방법으로 나뉘며, 각각 고유한 적용 시나리오와 특성이 있습니다.

3.2.2.1 단일 다이 와이어 드로잉

단일 다이 와이어 드로잉은 소량 생산 또는 와이어 크기 요구 사항이 매우 높은 시나리오에 적합한 고정밀 가공 방법입니다. 단일 다이 와이어 드로잉에서 몰리브덴 로드는 연성을 향상시키기 위해 예열된 다음 와이어 드로잉 기계에 의해 카바이드 또는 다이아몬드 다이를 통해 당겨집니다. 금형의 조리개는 몰리브덴 막대의 직정보다 약간 작으며 몰리브덴 막대는 인장력에 의해 변형되어 단면적이 점차 감소합니다. 각 도면 후에 몰리브덴 와이어의 직경이 약간 감소하고 목표 크기에 도달하려면 여러 번 당겨야 합니다.

단일 다이 와이어 드로잉의 장점은 높은 정밀도와 유연성에 있습니다. 금형 및 공정

저작권 및 법적 책임 선언문

매개변수는 와이어의 크기와 표면 품질을 보장하기 위해 각 도면에 대해 개별적으로 조정할 수 있습니다. 윤활제는 와이어 드로잉 공정에서 중요한 역할을 하며 일반적으로 사용되는 윤활제에는 흑연 에멀전 또는 이황화 몰리브덴이 포함되며, 이는 다이와 몰리브덴 와이어 사이의 마찰을 줄이고 다이의 수명을 연장하며 와이어의 표면 마감을 향상시킬 수 있습니다. 단일 다이 와이어 드로잉의 단점은 효율성이 낮고 각 드로잉 후에 금형을 교체하거나 장비를 조정하기 위해 수동으로 작동해야 한다는 것인데, 이는 매우 높은 품질 요구 사항을 가진 항공 우주 및 기타 분야에 적합합니다.

3.2.2.2 다중 모드 연속 와이어 드로잉

다중 모드 연속 와이어 드로잉은 몰리브덴 스프레이 와이어의 대량 생산에 적합한 효율적인 산업 생산 방법입니다. 이 과정에서 몰리브덴 막대는 일련의 금형을 통해 지속적으로 당겨지며 각 금형은 기공 직경이 점진적으로 감소합니다. 와이어 드로잉 기계에는 여러 개의 다이 베이스와 견인 장치가 장착되어 있으며 몰리브덴 와이어는 연속 가공을 달성하기 위해 하나의 다이를 통과한 직후 다음 다이로 들어갑니다. 다중 모드 도면은 높은 수준의 자동화를 가지고 있으며 정확한 장력 제어 및 냉각 시스템을 통해 와이어의 균일성과 안정성을 보장합니다.

다중 모드 드로잉의 핵심은 다이 시퀀스의 설계와 프로세스 매개변수의 조정에 있습니다. 다이의 기공 크기가 감소함에 따라 인발 과정에서 와이어 파손이나 결함을 방지하기 위한 과학적 계획이 필요합니다. 냉각 시스템은 일반적으로 수냉식 또는 공냉식이므로 인발 과정에서 과도한 온도로 인해 몰리브덴 와이어가 취화되는 것을 방지합니다. 윤활유의 지속적인 공급도 중요하며, 종종 재순환 시스템을 통해 다이와 와이어 표면에 윤활유를 분사합니다. 다중 모드 연속 와이어 드로잉의 생산 효율성은 단일 모드 와이어 드로잉의 생산 효율성보다 훨씬 높기 때문에 자동차 산업이나 에너지 장비와 같이 대규모 공급이 필요한 시나리오에 적합합니다.

3.2.3 몰리브덴 와이어 어닐링 및 응력 제거

인발 공정은 몰리브덴 와이어 내부에 잔류 응력을 도입하여 후속 가공 또는 사용에서 균열이나 균열을 유발할 수 있습니다. 어닐링 및 응력 제거는 열처리를 통해 몰리브덴 와이어의 결정 구조를 복원하여 연성과 인성을 향상시키는 데 필수적인 단계입니다.

어닐링은 일반적으로 몰리브덴 와이어 표면의 산화를 방지하기 위해 진공 또는 수소 보호로에서 수행됩니다. 몰리브덴 와이어는 특정 온도로 천천히 가열되고 일정 시간 동안 유지된 다음 점차적으로 냉각됩니다. 이 프로세스는 입자를 재배열하여 드로잉 프로세스 중에 형성되는 전위 및 응력 집중을 제거합니다. 어닐링 온도의 선택은 매우 중요하며, 온도가 너무 높으면 입자가 너무 커져 와이어의 강도가 감소할 수 있으며, 온도가 너무 낮으면 응력을 완화하는 데 효과적이지 않습니다. 일부 고급 어닐링 공정은 단계적 가열을 사용하여 여러 온도 단계를 통해 와이어의 미세 구조를 점진적으로 조정하여 특성을 최적화합니다.

수소 어닐링은 보호 분위기를 제공할 뿐만 아니라 표면의 미량 산화물과 반응하여

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

몰리브덴 와이어의 표면을 더욱 청소하는 일반적으로 사용되는 방법입니다. 진공 어닐링은 기체 불순물이 없고 와이어의 순도를 보장하기 때문에 고정밀 응용 분야에 더 적합합니다. 어닐링된 몰리브덴 와이어는 유연성과 표면 광택이 크게 향상되어 와이어 성능에 대한 스프레이 공정의 까다로운 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

3.2.4 표면 청소 및 연마

인발 및 어닐링 후 윤활제, 산화물 또는 기타 오염 물질이 몰리브덴 와이어 표면에 남아 있을 수 있으며, 이는 스프레이 공정의 안정성과 코팅 품질에 영향을 줄 수 있습니다. 표면 청소 및 연마는 매끄럽고 흠잡을 데 없는 와이어 표면을 만드는 것을 목표로 하는 몰리브덴 와이어 형성의 마지막 단계입니다.

세척 공정에는 일반적으로 화학 세척 및 초음파 세척이 포함됩니다. 화학적 세척은 묽은 염산 또는 수산화나트륨과 같은 약산성 또는 알칼리성 용액을 사용하여 표면에서 산화물 층과 유기 잔류물을 제거합니다. 세척 후 몰리브덴 와이어는 화학 잔류물을 방지하기 위해 탈이온수로 철저히 헹궈야 합니다. 초음파 세척은 고주파 음파를 사용하여 마이크론 크기의 입자와 오일을 효과적으로 제거하는 충격력으로 터지는 액체에 작은 거품을 생성합니다. 초음파 세척은 복잡한 모양의 전선에 특히 적합하여 표면의 모든 인치가 깨끗하고 흠잡을 데 없도록 합니다.

연마는 몰리브덴 와이어의 표면 품질을 향상시키는 데 중요한 단계이며 기계적 또는 전기화학적 연마를 통해 달성할 수 있습니다. 기계적 연마는 알루미나 또는 다이아몬드 분말과 같은 미세 연마제를 사용하여 회전 브러시 또는 연마 벨트로 와이어 표면을 연마하여 거울 효과를 얻습니다. 전기화학적 연마는 양극 역할을 하는 전해질에 몰리브덴 와이어를 배치하고 표면의 미세한 돌출부를 우선적으로 용해시켜 매끄러운 표면을 만듭니다. 광택 처리된 몰리브덴 와이어는 외관이 밝을 뿐만 아니라 스프레이 과정에서 용융된 물방울의 스패터를 줄이고 코팅의 균일성을 향상시킵니다.

3.3 몰리브덴 스프레이 와이어의 특수 가공

몰리브덴 스프레이 와이어는 열 스프레이 공정의 고유한 요구 사항을 충족하기 위해 특수 가공이 필요합니다. 이러한 처리에는 표면 활성화, 사양 맞춤화 및 표면 수정이 포함되어 스프레이 공정 중 와이어의 성능을 최적화하여 코팅 품질과 생산 효율성을 보장합니다.

3.3.1 몰리브덴 와이어 표면 활성화 처리

표면 활성화 처리는 몰리브덴 와이어 표면의 화학적 활성화와 물리적 특성을 개선하도록 설계되어 스프레이 과정에서 쉽게 녹고 균일한 물방울을 형성할 수 있습니다. 활성화는 화학적, 플라즈마 또는 기계적 방법으로 달성할 수 있으며 각각 고유한 장점이 있습니다.

화학적 활성화는 일반적으로 묽은 산 또는 젖물을 사용하여 몰리브덴 와이어를 담그고 표면 산화물을 제거하고 표면 거칠기를 증가시킵니다. 이 처리는 몰리브덴 와이어의 표면을 더 친수성으로 만들어 용융 방울의 형성 및 배출을 돕습니다. 플라즈마 활성화는 저온 플라즈마를 사용하여 와이어 표면에 충격을 가하고 활성

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

작용기를 도입하며 표면의 화학적 반응성을 개선합니다. 이 방법은 와이어의 치수나 기계적 특성을 변경하지 않기 때문에 고정밀 스프레이에 특히 적합합니다. 기계적 활성화는 표면 거칠기를 증가시키고 마이크로 블라스팅 또는 프로스팅에 의해 용융된 물방울의 접착력을 향상시킵니다.

활성화 프로세스는 분무 장비 및 적용 시나리오에 따라 적절한 방법을 선택해야 합니다. 예를 들어, 항공우주 분야의 분무는 매우 높은 코팅 품질을 필요로 하며, 필라멘트 표면이 깨끗하고 매우 활동적임을 보장하기 위해 플라즈마 활성화를 하는 경우가 많습니다. 활성화된 폴리브덴 와이어는 분무 효율과 코팅 결합 강도를 크게 향상시킬 수 있습니다.

3.3.2 스프레이용 폴리브덴 와이어의 사양 사용자 정의

스프레이 장비의 다양성에는 직경, 길이 및 구성을 포함한 맞춤형 사양의 폴리브덴 와이어가 필요합니다. 사양 맞춤화는 필라멘트가 스프레이 시스템과 완벽하게 일치하는지 확인하기 위해 제조업체와 고객의 긴밀한 협력을 반영합니다.

폴리브덴 와이어의 직경은 와이어 공급 속도와 용융 거동에 직접적인 영향을 미칩니다. 더 얇은 필라멘트는 고정밀 스프레이에 적합하며 얇고 균일한 코팅을 형성할 수 있습니다. 더 거친 필라멘트는 고효율 스프레이에 적합하며 넓은 영역의 기판을 빠르게 덮을 수 있습니다. 와이어는 일반적으로 장비의 요구 사항에 맞는 길이의 릴로 공급되어 중단 없는 도장을 보장합니다. 포장은 와이어가 축축하거나 산화되는 것을 방지하기 위해 진공 밀봉 비닐 봉지 또는 금속 용기로 만들어집니다.

재료 맞춤화는 또 다른 중요한 측면입니다. 일부 스프레이 응용 분야에는 내산화성 또는 연성을 개선하기 위해 란탄 또는 세륨과 같은 희토류 원소가 도핑된 폴리브덴 와이어가 필요합니다. 도핑 공정은 와이어 드로잉 전에 완료되며 폴리브덴 분말 제형을 조정하여 달성됩니다. 맞춤형 사양은 스프레이 결과를 개선할 뿐만 아니라 장비의 수명을 연장하고 유지 보수 비용을 절감합니다.

3.3.3 폴리브덴 와이어 표면 개질 기술

표면 개질 기술은 화학적 또는 물리적 특성을 변경하여 폴리브덴 와이어의 코팅 성능을 더욱 최적화합니다. 이러한 기술에는 실리콘화, 도핑 개질 및 분무 시 고온 산화 또는 액적 불안정성과 같은 문제에 대한 사전 코팅 처리가 포함됩니다.

실리콘화 공정은 고온의 실리콘 분위기에서 일어나 폴리브덴 실리사이드(MoSi_2)의 보호층을 형성합니다. 이 보호층은 고온 산화에 효과적이며 스프레이 과정에서 와이어의 수명을 연장합니다. 도핑 변형은 입자 구조를 정제하고 와이어 표면에 희토류 또는 알칼리 금속 원소를 도입하여 고온 안정성을 향상시킵니다. 사전 코팅 공정에서는 알루미늄이나 또는 지르코니아와 같은 박막을 와이어 표면에 적용하여 스프레이 공정 중 산화물 형성을 줄입니다.

이러한 수정 기술은 개질된 층이 와이어의 와이어 공급 또는 용융 거동에 영향을 미치지 않도록 스프레이 프로세스와 긴밀하게 통합되어야 합니다. 표면 개질을 통해

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

몰리브덴 와이어는 가혹한 스프레이 환경에서 잘 작동할 수 있으며 항공, 에너지 및 기타 분야의 까다로운 요구 사항을 충족합니다.

3.4 스프레이 공정

스프레이 공정은 기관 표면에 몰리브덴 와이어를 용융하여 증착하는 핵심 공정으로, 기관 전처리, 열 분사 기술 및 후처리의 3 단계를 포함합니다. 각 단계는 코팅의 품질과 성능에 결정적인 역할을 합니다.

3.4.1 기관의 표면 전처리

기관 표면의 상태는 코팅의 접착력과 내구성에 직접적인 영향을 미칩니다. 전처리는 기계적, 화학적 및 초음파 방법을 사용하여 기관 표면을 세척 및 최적화하고 분무를 위한 이상적인 조건을 만듭니다.

3.4.1.1 기계적 샌드 블라스팅

메카니컬 블라스팅은 알루미늄 또는 탄화규소와 같은 연마재의 고속 분사를 사용하여 기관 표면에 충격을 가하여 거칠기를 높이고 산화물, 오래된 코팅 등과 같은 불순물을 제거합니다. 블라스팅 공정은 기관 손상을 방지하기 위해 연마 유형, 제트 압력 및 각도를 정밀하게 제어해야 합니다. 거친 표면은 기관에 대한 코팅의 기계적 접착력을 향상시키고 접착력을 향상시킵니다. 샌드 블라스팅은 강철 및 니켈 기반 합금과 같은 단단한 기관에 적합하며 전처리를 분무하는 일반적인 방법입니다.

3.4.1.2 화학적 세척

화학 세척은 용제 또는 알칼리성 용액을 사용하여 기관 표면에서 오일, 윤활제 및 기타 유기물을 제거합니다. 일반적으로 사용되는 세척제에는 에탄올, 아세톤 또는 수산화나트륨 용액이 포함되며, 세척 후 탈이온수로 행귀 잔류물이 없는지 확인합니다. 화학적 세척은 복잡한 모양의 기관에 적합하며 틈새와 구멍 깊숙이 침투하여 표면을 완전히 청소할 수 있습니다. 이 과정은 기관의 부식을 방지하기 위해 세척제 선택에주의를 기울여야 합니다.

3.4.1.3 초음파 세척

초음파 세척은 고주파 음파를 사용하여 액체에 작은 기포를 생성하며, 이는 충격력으로 기질 표면에서 작은 입자와 잔류 물을 벗겨냅니다. 초음파 세척은 항공기 엔진 블레이드 또는 반도체 장비 부품과 같은 섬세한 부품에 특히 적합합니다. 세척 용액은 일반적으로 탈이온수 또는 순한 세척제이며 표면을 손상시키지 않고 세척 결과를 보장하기 위해 기관의 특성에 따라 세척 시간과 빈도를 조정해야 합니다.

3.4.2 용사 기술

용사 기술은 몰리브덴 와이어를 녹여 고온에서 기관 표면에 분사하여 보호 코팅을 형성합니다. 일반적으로 사용되는 용사 방법에는 화염 용사, 플라즈마 용사, 아크 용사 및 고속 산소 연료 용사(HVOF)가 있습니다.

3.4.2.1 화염 분무 공정

화염 분무는 산소-아세틸렌 화염을 사용하여 몰리브덴 와이어를 가열하여 용융 또는

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

반응용한 다음 압축 공기에 의해 기관 표면에 분사됩니다. 화염 분무 장비는 작동이 간단하고 유연하여 현장 건설 또는 대형 부품의 분무에 적합합니다. 그러나 화염 온도가 낮기 때문에 코팅 다공성이 더 높고 접착력이 상대적으로 약하여 기계 부품 수리와 같은 성능 요구 사항이 낮은 시나리오에 적합합니다.

3.4.2.2 플라즈마 분사 공정

플라즈마 스프레이는 전기 아크를 통해 고온 플라즈마(최대 15,000°C)를 생성하여 몰리브덴 와이어를 빠르게 녹여 기관 표면에 고속으로 분사합니다. 플라즈마 스프레이는 항공 우주 및 에너지 장비와 같은 고성능 응용 분야를 위한 조밀한 접착 코팅을 생성합니다. 공정 매개변수의 정밀한 제어는 플라즈마 가스 유형, 전류 강도 및 스프레이 거리를 포함한 핵심입니다.

3.4.2.3 아크 스프레이 공정

아크 스프레이는 두 개의 몰리브덴 와이어 사이의 아크 가열을 사용하여 와이어를 녹이고 압축 공기를 통해 기관에 분사합니다. 아크 스프레이는 증착 효율이 높으며 교량 철골 구조물 또는 선박 부품과 같은 대면적 스프레이에 적합합니다. 코팅 품질은 아크 안정성과 와이어 공급 속도의 조절에 따라 달라지며 적절한 공정 조정은 코팅 성능을 크게 향상시킬 수 있습니다.

3.4.2.4 고속 순산소 분사(HVOF)

HVOF 분무는 산소와 연료(예: 등유)의 연소를 통해 고속 화염을 생성하고, 이 화염은 용융 몰리브덴 와이어를 초음속으로 기관에 주입합니다. HVOF 코팅은 다공성이 매우 낮고 경도가 높으며 접착력이 높아 항공기 엔진 및 가스 터빈과 같은 고급 응용 분야에 가장 적합합니다. 공정 복잡성은 높지만 우수한 코팅 특성으로 인해 중요한 영역에서 없어서는 안 될 필수 요소입니다.

3.4.3 분무 후 처리

스프레이 후 처리는 열처리, 연마 및 밀봉 처리를 포함한 코팅 성능을 최적화하도록 설계되었습니다.

3.4.3.1 열처리 및 어닐링

열처리는 진공 또는 보호 분위기에서 코팅을 가열하여 미세 구조를 개선하여 잔류 응력을 제거합니다. 어닐링 공정은 기관에 대한 코팅의 접착력을 강화하고 열 충격 저항을 향상시킵니다. 과열로 인한 성능 저하를 방지하기 위해 코팅 두께와 기관 특성에 따라 열처리 온도와 유지 시간을 조정해야 합니다.

3.4.3.2 코팅 연마 및 마무리

연마는 기계적 또는 전기화학적 방법으로 코팅 표면을 매끄럽게 하여 거칠기와 마찰을 줄입니다. 기계적 연마는 다이아몬드 연마재를 사용하는 반면, 전기화학적 연마는 전기 분해를 사용하여 거울 효과를 얻습니다. 광택 코팅은 피스톤 링과 같은 슬라이딩 부품에서 더 나은 성능을 발휘하며 서비스 수명을 크게 연장합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

3.4.3.3 코팅 밀봉 처리

밀봉 처리는 유기(예: 에폭시) 또는 무기(예: 실리카) 밀봉제를 사용하여 코팅의 기공을 채우고 부식성 매체의 침투를 방지합니다. 씰링 처리는 해양 또는 화학 환경의 코팅에 특히 적합하며 내구성을 크게 향상시킬 수 있습니다. 실란트의 선택은 장기적인 안정성을 보장하기 위해 코팅과의 호환성을 기반으로 합니다.

3.5 폴리브덴 스프레이 와이어의 생산 공정 최적화

공정 최적화는 폴리브덴 스프레이 와이어의 품질과 효율성을 향상시키는 열쇠입니다., 매개변수 제어와 관련된 것, 품질 보증 및 녹색 제조.

3.5.1 공정 매개변수의 최적화 및 제어

Process Optimization 은 와이어 드로잉, 스프레이 등에서 매개변수를 조정하여 제품 일관성과 성능을 향상시킵니다. 예를 들어, 드로잉 과정에서 와이어가 균일한지 확인하기 위해 드로잉 속도와 장력의 균형을 맞춰야 합니다. 분무 과정에서 코팅 품질을 향상시키기 위해 분무 거리와 가스 흐름을 최적화해야 합니다. 실시간 모니터링 시스템은 안정적인 매개변수를 보장하고 센서 및 피드백 메커니즘을 통해 생산 효율성을 향상시킵니다.

3.5.2 품질 보증 시스템

품질 보증 시스템은 ISO 9001 표준에 따라 원자재에서 완제품에 이르는 전체 프로세스를 다룹니다. 원료 순도 테스트, 와이어 크기 검사 및 코팅 성능 테스트를 포함합니다. 배치 추적성 메커니즘은 문제를 추적할 수 있고 프로세스를 지속적으로 개선할 수 있도록 합니다. 품질 보증은 기술적 요구 사항일 뿐만 아니라 기업 평판을 반영하는 것이기도 합니다.

3.5.3 친환경 제조 및 에너지 절감 기술

녹색 제조는 에너지 절약, 배출 감소 및 자원 재활용에 중점을 둡니다. 효율적인 장비는 에너지 소비를 줄이고, 분무된 폴리브덴 입자를 회수하고, 폐기물을 줄이는 데 사용됩니다. 재생 에너지를 사용하여 생산 장비에 전력을 공급하여 탄소 배출량을 줄입니다. 녹색 제조는 환경 보호의 요구 사항을 충족시킬 뿐만 아니라 기업의 시장 경쟁력을 향상시킵니다.

3.6 주요 기술 포인트

폴리브덴 스프레이 와이어의 생산 기술은 재료 과학, 기계 공학 및 표면 처리 기술을 통합하는 고급 제조 공정이며, 그 핵심은 폴리브덴 와이어의 고순도, 코팅의 우수한 성능, 코팅 공정의 효율성 및 일관성을 보장하는 것입니다. 이 섹션에서는 고순도 폴리브덴 와이어 준비, 스프레이 코팅 품질 관리, 스프레이 효율성 및 일관성의 세 가지 핵심 기술 포인트를 심층적으로 살펴보고 이러한 기술이 폴리브덴 스프레이 와이어 생산에서 어떻게 중요한 역할을 하는지 밝힙니다.

3.6.1 고순도 폴리브덴 와이어의 제조 기술

고순도 폴리브덴 와이어는 스프레이 공정의 기초이며 제조 기술은 와이어의 물리적 특성, 화학적 안정성 및 스프레이 효과를 직접 결정합니다. 용융성이 높고 부식에 강한 전이 금속인 폴리브덴은 고순도 및 안정적인 성능의 와이어를 생산하기 위해

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

단단하고 부서지기 쉬운 특성과 산소에 대한 높은 감도를 극복해야 합니다.

고순도 몰리브덴 와이어의 제조는 고순도 몰리브덴 분말의 가공으로 시작됩니다. 앞서 언급했듯이 몰리브덴 분말은 수소에 의한 산화몰리브덴을 환원시켜 얻지만 와이어 드로잉 공정의 요구 사항을 충족하기 위해 순도와 입자 특성을 더욱 최적화해야 합니다. 준비 과정에서 몰리브덴 분말은 균일한 입자 분포를 보장하기 위해 크거나 작은 입자를 제거하기 위해 엄격하게 선별되고 등급이 매겨져야 합니다. 이러한 균일성은 고르지 않은 입자가 빌렛의 내부 결함으로 이어질 수 있으므로 와이어의 강도와 연성에 영향을 줄 수 있으므로 후속 프레스 및 소결에 필수적입니다.

몰리브덴 분말의 압착은 냉간 등압 압착 기술을 채택하고 분말은 액체 매체를 통해 균일한 압력을 가하여 녹색 빌렛으로 압축됩니다. 이 방법은 기존의 단방향 프레스에 비해 블랭크의 밀도와 구조적 일관성을 크게 향상시킵니다. 압축된 녹색 빌렛은 고온 소결로에 공급되어 수소 또는 진공 환경에서 몰리브덴의 녹는점에 가깝게 가열됩니다. 소결 공정은 분말 입자를 강한 금속 구조로 결합할 뿐만 아니라 입자의 재결합 및 확산을 통해 내부 다공성을 제거합니다. 소결로의 설계는 산화 또는 비정상적인 입자 성장을 방지하기 위해 대기의 순도와 온도의 균일성을 고려해야 합니다.

소결 몰리브덴 빌렛은 와이어 드로잉 공정을 준비하기 위해 열간 단조 또는 열간 압연으로 가는다란 몰리브덴 막대로 가공해야 합니다. 열간 단조는 블랭크의 입자 구조를 더 조밀하게 만들고 반복적인 망치질 또는 압출을 통해 연성을 향상시킵니다. 열간 압연은 일련의 롤을 사용하여 빌렛의 직경을 점차적으로 줄여 와이어 드로잉에 적합한 몰리브덴 막대를 생산합니다. 전체 열처리 공정은 몰리브덴의 취성을 줄이기 위해 고온에서 수행해야 하지만 너무 높으면 표면이 산화될 수 있으므로 보호 분위기에서 작동해야 합니다.

와이어 드로잉은 고순도 몰리브덴 와이어 준비의 핵심 링크이며 몰리브덴 로드는 단일 모드 또는 다중 모드 와이어 드로잉 프로세스를 통해 필라멘트로 처리됩니다. 단일 다이 도면은 소량, 고정밀 와이어 생산에 적합하며 와이어 표면이 매끄럽고 균열이 없는지 확인하기 위해 각 도면에 대해 다이와 윤활제를 신중하게 조정해야 합니다. 다중 모드 연속 와이어 드로잉은 대규모 생산에 더 적합하며 자동화 장비로 효율적인 가공을 달성할 수 있습니다. 인발 공정에서 윤활제의 선택과 와이어 공급 속도의 제어는 특히 중요하며 흑연 에멀전 또는 이황화 몰리브덴과 같이 일반적으로 사용되는 윤활제는 다이 마모를 효과적으로 줄이고 와이어 품질을 향상시킬 수 있습니다. 인발 몰리브덴 와이어는 내부 응력을 제거하고 결정 구조의 안정성을 복원하기 위해 어닐링해야 스프레이 과정에서 우수한 기계적 특성을 가질 수 있습니다.

고순도 몰리브덴 와이어의 제조 기술은 공정의 정밀도뿐만 아니라 원료, 장비 및 환경에 대한 포괄적인 제어를 필요로 합니다. 예를 들어, 먼지나 불순물이 전선을 오염시키는 것을 방지하기 위해 생산 홀을 깨끗하게 유지해야 합니다. 와이어 드로잉 장비는 다이 구멍 직경의 정확성을 보장하기 위해 정기적으로 보정해야 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

이러한 세부 사항은 함께 몰리브덴 와이어의 품질을 결정하여 항공 우주 및 자동차 산업과 같은 고급 응용 분야의 요구 사항을 충족할 수 있도록 합니다.

3.6.2 스프레이 코팅의 품질 관리

스프레이 코팅의 품질은 몰리브덴 스프레이 와이어 생산의 기술 수준을 측정하는 중요한 지표입니다. 고품질 코팅은 우수한 접착력, 균일한 두께, 우수한 내마모성 및 내식성이 필요합니다. 코팅 품질 관리는 기관 전처리에서 코팅 매개변수 조정, 코팅 검사에 이르기까지 스프레이 공정의 모든 단계에 존재하여 최종 제품이 엄격한 산업 표준을 충족하도록 보장합니다.

기관 전처리는 코팅 품질 관리의 시작점입니다. 기관 표면의 청결도와 거칠기는 코팅의 접착력에 직접적인 영향을 미치므로 기계적 블라스팅, 화학적 세척 및 초음파 세척과 같은 방법을 통해 오일, 산화물 및 기타 불순물을 철저히 제거해야 합니다. 샌드 블라스팅은 연마재(예: 알루미나)를 고속으로 분사하여 기관 표면의 거칠기를 증가시켜 코팅과 기관의 기계적 결합을 용이하게 하는 미세한 오목-볼록 구조를 만듭니다. 화학 세척은 순한 용제나 젖물을 사용하여 유기 오염 물질을 제거하는 반면, 초음파 세척은 고주파 음파에 의해 생성된 작은 기포의 파열 효과를 사용하여 도달하기 어려운 작은 입자를 제거합니다. 이러한 전처리 단계는 이상적인 표면 상태를 보장하기 위해 기관의 재료와 모양에 따라 개별적으로 설계해야 합니다.

분무 공정의 매개변수 제어는 품질 관리의 핵심입니다. 스프레이 거리, 가스 흐름, 전류 강도 및 와이어 공급 속도를 포함한 아크 스프레이 건 또는 플라즈마 스프레이 시스템과 같은 스프레이 장비의 작동 매개변수는 정확하게 조정되어야 합니다. 예를 들어, 너무 가까이 분사하면 코팅이 과열되어 균열이 발생할 수 있으며, 너무 멀리 분사하면 방울이 너무 빨리 냉각되어 접착력이 저하될 수 있습니다. 가스 흐름의 조절은 용융 방울의 주입 속도와 증착 효율에 영향을 미치며, 전류 강도의 선택은 몰리브덴 와이어의 용융 정도를 결정합니다. 최신 스프레이 장비에는 센서를 통해 온도, 압력 및 속도와 같은 데이터를 캡처하고 공정 안정성을 유지하기 위해 적시에 매개변수를 조정하는 실시간 모니터링 시스템이 장착되어 있는 경우가 많습니다.

코팅 품질 테스트는 품질 관리를 위한 최후의 방어선입니다. 일반적으로 사용되는 검사 방법에는 미세 구조 분석, 접착 테스트 및 내마모성 평가가 포함됩니다. 주사 전자 현미경(SEM)은 코팅의 미세한 지형을 관찰하고 기공, 균열 또는 용융되지 않은 입자의 존재 여부를 확인하는 데 사용됩니다. 접착력 테스트는 ASTM C633 표준에 일반적으로 사용되는 인장 또는 전단 시험을 통해 기관에 대한 코팅의 강도를 평가합니다. 내마모성 시험은 실제 사용에서 코팅의 마모를 시뮬레이션하고 코팅의 내구성은 마찰 시험기로 측정합니다. 또한 코팅의 두께와 균일성은 초음파 두께 측정기 또는 X 선 형광 분석으로 평가되어 설계 요구 사항을 준수하는지 확인합니다.

코팅 품질 관리는 또한 포괄적인 품질 관리 시스템의 구축을 필요로 합니다. 완전한 추적성을 위해 원료 정보, 공정 매개변수 및 테스트 결과를 포함하여 각 생산 배치를 자세히 문서화해야 합니다. ISO 9001 과 같은 국제 표준은 품질 관리를 위한 규범적 프레임워크를 제공하여 정기적인 감사와 지속적인 개선을 통해 생산 공정의 안정성과

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

제품의 일관성을 보장합니다. 품질 관리에 대한 이러한 체계적인 접근 방식을 통해 폴리브덴 스프레이 와이어의 코팅을 통해 가스 터빈 블레이드 또는 자동차 피스톤 링의 내마모성 코팅과 같은 까다로운 응용 분야의 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

3.6.3 분무 효율 및 일관성

도장 효율성과 일관성은 생산 기술의 핵심 고려 사항이며, 생산 비용과 제품 품질에 직접적인 영향을 미칩니다. 효율적인 분무 공정을 통해 단기간에 넓은 면적의 코팅을 증착할 수 있으며, 일관성을 통해 각 구성 요소에 대해 일관된 코팅 성능을 보장하고 공정 변동으로 인한 결함을 방지할 수 있습니다.

분무 효율의 개선은 장비의 최적화와 공정 개선에 달려 있습니다. 최신 스프레이 시스템은 플라즈마 또는 HVOF 와 같은 고출력 열원을 사용하여 폴리브덴 와이어를 빠르게 녹이고 고속 용융 드립 스트림을 형성하여 더 높은 증착 속도를 초래합니다. 자동화된 와이어 공급 시스템의 도입으로 수동 와이어 공급에 비해 일정한 속도와 각도로 폴리브덴 와이어를 공급할 수 있어 인간 작업의 오류가 줄어들기 때문에 효율성이 크게 향상되었습니다. 빠르고 균일한 코팅 증착을 위해 복잡한 모양의 기관 표면을 덮기 위해 미리 설정된 경로를 따라 건을 정밀하게 이동할 수 있는 스프레이 로봇을 사용하여 효율성이 더욱 향상됩니다.

일관성을 유지하려면 여러 가지 접근 방식이 필요합니다. 우선, 폴리브덴 와이어의 품질은 직경, 표면 마감 및 화학 성분의 균일성을 포함하여 안정적이어야 합니다. 와이어 불일치는 액적 크기 또는 제트 속도의 변동으로 이어져 코팅 품질에 영향을 미칠 수 있습니다. 둘째, 스프레이 장비의 안정성이 중요합니다. 플랜트의 전원 공급 장치, 가스 공급 시스템 및 냉각 시스템은 장비의 노후화 또는 오작동으로 인한 공정 편차를 방지하기 위해 정기적인 유지 보수가 필요합니다. 또한 환경 요인의 제어를 무시해서는 안 되며 스프레이 공장은 용융 액적의 침전에 대한 외부 조건의 영향을 피하기 위해 일정한 온도와 습도를 유지해야 합니다.

프로세스 매개변수의 표준화는 일관성을 보장하는 중요한 수단입니다. 각 파라미터에 대한 범위와 조정 방법을 정의하는 세부 작업 절차(SOP)를 수립함으로써 작업자는 배치마다 일관된 공정 조건을 유지할 수 있습니다. 데이터 기반 프로세스 관리는 최근 몇 년 동안의 발전 추세이며, IoT 기술과 빅 데이터 분석을 통해 스프레이 프로세스의 핵심 데이터를 실시간으로 수집하고 잠재적인 문제를 사전에 예측하고 개입합니다. 예를 들어, 일부 고급 스프레이 시스템은 머신 러닝 알고리즘을 사용하여 매개변수 조합을 최적화하여 코팅 일관성을 크게 향상시킬 수 있습니다.

스프레이 효율성과 일관성의 균형을 맞추려면 생산 요구 사항과 비용 요인의 조합이 필요합니다. 효율성에 대한 지나친 강조는 코팅 품질의 저하로 이어질 수 있으며, 일관성에 대한 지나친 강조는 생산 시간과 비용을 증가시킬 수 있습니다. 따라서 제조업체는 기술 혁신과 공정 최적화를 통해 효율적이고 고품질의 생산을 달성하기 위해 공정 설계에서 최상의 균형을 찾아야 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Spray Wire Introduction

1. Overview of Molybdenum Spray Wire

Molybdenum spray wire is a high-purity molybdenum metal wire that is melted and deposited onto a substrate surface through thermal spray techniques such as flame spraying, plasma spraying, arc spraying, or HVOF (High Velocity Oxy-Fuel). The resulting coating offers excellent resistance to wear, corrosion, and high temperatures. Due to its high melting point and superior performance, molybdenum wire is widely used across various industrial sectors.

2. Characteristics of Molybdenum Spray Wire

High Melting Point: Approximately 2623°C, suitable for high-temperature environments.

Excellent Corrosion Resistance: Resists attack from acids, alkalis, and chemical media.

High Hardness & Wear Resistance: Tough coating that withstands mechanical wear.

Low Friction Coefficient: Reduces component wear and improves efficiency.

Chemical Stability: Maintains performance in harsh environments.

High Thermal Conductivity: Effectively dissipates heat and extends component lifespan.

3. Typical Uses of Molybdenum Spray Wire

Aerospace: Turbine blades, engine parts, thermal barrier coatings.

Automotive Industry: Wear-resistant coatings for piston rings, engine blocks, and brake discs.

Chemical & Energy Sectors: Corrosion-resistant pipelines, heat exchangers, wind power equipment.

Electronics & Semiconductors: Vacuum deposition heating wires, semiconductor leads.

Medical Field: Corrosion-resistant coatings for implants and surgical instruments.

Others: Marine anti-corrosion, wear-resistant construction machinery, high-temperature furnaces.

4. Basic Data of Molybdenum Spray Wire from CTIA GROUP LTD

Purity	≥99.95%
Density	10.2 g/cm ³
Diameter Range	1.0-3.0 mm, customizable
Tensile Strength	Moderate to ensure stable wire feeding
Packaging	Customized Packaging

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.molybdenum.com.cn

3.7 첨단 기술의 적용

재료 과학 및 제조 기술의 급속한 발전으로 몰리브덴 스프레이 와이어의 생산 기술은 더 높은 성능과 더 복잡한 응용 분야의 요구를 충족시키기 위해 최첨단 기술을 지속적으로 통합하고 있습니다. 이 세션에서는 나노 스케일 스프레이 기술, 레이저 보조 스프레이 기술, 냉간 스프레이 기술, 지능형 및 자동 스프레이 시스템의 적용에 대해 논의하고 이러한 첨단 기술이 몰리브덴 스프레이 와이어 산업에서 기술 혁신을 주도할 수 있는 방법을 보여줍니다.

3.7.1 나노 스케일 스프레이 기술

나노 스케일 스프레이 기술은 코팅의 미세 구조를 나노 단위까지 제어하여 성능을 향상시키는 고급 방법입니다. 기존 스프레이 코팅의 입자 크기는 일반적으로 마이크로 범위이지만 나노 단위 스프레이는 코팅 매개변수와 재료 특성을 최적화하여 코팅의 입자 크기를 나노미터 규모로 줄입니다. 이 미세한 입자 구조는 코팅의 경도, 인성 및 내마모성을 크게 향상시켜 극한 환경에서 우수합니다.

몰리브덴 스프레이 와이어의 적용에서 나노 스케일 스프레이 기술은 열 스프레이 공정 중에 열원과 액적 증착 거동을 조정하여 달성됩니다. 플라즈마 분무 및 HVOF 분무는 일반적으로 사용되는 기술 플랫폼으로, 플라즈마 가스의 구성, 분무력 및 사출 속도를 정밀하게 제어하여 더 미세한 용융 액적을 생성합니다. 이러한 물방울은 기판 표면에서 빠르게 응고되어 나노 크기의 입자 구조를 형성합니다. 결과를 더욱 최적화하기 위해 나노 스케일 몰리브덴 분말 또는 도펀트(예: 지르코니아 또는 알루미늄 나노 입자)가 일부 공정에 도입되며, 이는 스프레이 공정 중에 몰리브덴 와이어와 함께 증착되어 복합 코팅을 형성합니다.

나노 스케일 스프레이 기술의 장점은 코팅 성능을 크게 향상시킬 수 있다는 것입니다. 예를 들어, 항공기 엔진 터빈 블레이드에 나노 스케일 몰리브덴 코팅을 적용하면 고온 산화 및 기계적 마모에 효과적으로 저항하고 구성 요소의 수명을 연장할 수 있습니다. 또한 나노 코팅은 표면이 더 매끄럽고 마찰 계수가 낮아 자동차 피스톤 링 또는 유압 시스템 씰과 같은 고정밀 슬라이딩 부품에 적합합니다. 그러나 나노 스케일 스프레이 기술은 공정 제어에 대한 요구 사항이 매우 까다로우며, 매개변수에서 조금만 편차가 발생해도 입자 크기가 일치하지 않을 수 있으므로 고급 모니터링 장비 및 기술 지원이 필요합니다.

3.7.2 레이저 보조 스프레이 기술

레이저 보조 스프레이 기술은 레이저의 높은 에너지 밀도와 열 스프레이의 유연성을 결합하여 스프레이 코팅된 몰리브덴 와이어 생산에 혁명을 일으켰습니다. 전통적인 용사에서 몰리브덴 와이어는 화염, 플라즈마 또는 아크에 의해 용융되는 반면, 레이저 보조 코팅은 레이저 빔을 보조 열원 또는 후처리 도구로 사용하여 코팅의 품질과 정밀도를 크게 향상시킵니다.

레이저 보조 스프레이에서 레이저 빔은 플라즈마 또는 아크와 같은 스프레이 열원과 동시에 작동하여 기판 표면을 예열하거나 몰리브덴 와이어를 녹이는 데 도움을 줄 수 있습니다. 레이저의 높은 초점은 더 집중된 열 입력을 초래하여 열 영향 영역을

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

줄이고 기관의 열 변형 위험을 줄입니다. 또한 레이저는 용융 방울의 온도와 증착 경로를 정밀하게 제어할 수 있어 보다 균일한 코팅과 다공성을 낮출 수 있습니다. 일부 고급 시스템은 레이저를 사용하여 분무된 코팅을 다시 용융하기도 하는데, 이는 빠르게 용융 및 응고되어 코팅의 미세 구조를 정제하여 소형화와 결합 강도를 더욱 향상시킵니다.

레이저 보조 스프레이 기술은 다양한 응용 분야에서 사용할 수 있습니다. 항공 우주 부문에서 레이저 보조 스프레이를 사용하면 터빈 블레이드 또는 연소실을 보호하기 위해 티타늄 또는 니켈 기반 합금 기관에 고성능 폴리브덴 코팅을 준비할 수 있습니다. 에너지 산업에서 레이저 보조 스프레이는 고온 부식에 강한 코팅을 만들고 가스 터빈 또는 보일러 구성 요소의 수명을 연장하는 데 사용됩니다. 레이저 기술의 도입으로 공정 유연성도 향상되어 곡면 또는 다공성 구조와 같은 복잡한 모양의 기관을 처리할 수 있게 되었습니다. 그러나 레이저 장비의 비용이 높고 작업이 복잡하여 우수한 자격을 갖춘 기술자와 완벽한 유지 보수 시스템이 필요합니다.

3.7.3 콜드 스프레이 기술

콜드 스프레이 기술은 기존의 용사를 방해하는 새로운 기술이며, 그 핵심은 고온 용융에 의존하지 않고 고속 공기 흐름을 통해 기관 표면에 고체 입자를 분사하는 것입니다. 폴리브덴 스프레이 와이어의 적용을 위해 콜드 스프레이 기술은 폴리브덴 와이어를 마이크론 크기의 입자로 가공하거나 폴리브덴 분말을 직접 사용하여 저온에서 코팅 증착을 달성합니다. 이 기술은 고온과 관련된 산화, 상 전이 또는 열 응력 문제를 방지한다는 점에서 독특하여 열에 민감한 기관에 특히 적합합니다.

콜드 스프레이 공정 중에 폴리브덴 입자는 초음속(일반적으로 헬륨 또는 질소에 의해 구동됨)으로 가속되어 매우 높은 운동 에너지로 기관 표면에 부딪힙니다. 입자는 충격의 순간에 격렬한 소성 변형을 겪어 기관과 기계적 또는 야금학적 결합을 형성하여 조밀한 코팅을 형성합니다. 냉간 분무 코팅은 다공성이 매우 낮고 접착력이 우수하며 폴리브덴의 원래 화학 조성 및 결정 구조를 유지합니다. 이러한 특성으로 인해 콜드 스프레이는 해양 또는 화학 장비에 사용하기 위한 고순도, 내식성 폴리브덴 코팅을 준비하는 데 특히 적합합니다.

콜드 스프레이 기술의 과제는 입자 특성 및 장비 성능에 대한 높은 요구 사항에 있습니다. 폴리브덴 입자의 크기, 형태 및 유동성은 스프레이의 안정성과 코팅의 균일성을 보장하기 위해 정밀하게 제어되어야 합니다. 또한 콜드 스프레이 장비에는 고압 가스 시스템과 정교한 노즐 설계가 필요하므로 생산 비용이 증가합니다. 그럼에도 불구하고 냉간 분무의 저온 특성은 알루미늄 합금 또는 폴리머 기관용 기능성 코팅 준비와 같은 항공 우주, 전자 및 의료 응용 분야에 유망합니다.

3.7.4 지능적이고 자동화된 스프레이 시스템

지능적이고 자동화된 스프레이 시스템의 도입은 인더스트리 4.0 시대를 향한 폴리브덴 스프레이 와이어 생산 기술의 도래를 나타냅니다. 이러한 시스템은 센서, 로봇 공학, 인공지능 및 빅 데이터 분석을 통합하여 스프레이 프로세스를 자동화하고 지능적이며 효율적으로 만들어 생산 효율성과 제품 품질을 크게

저작권 및 법적 책임 선언문

향상시켰습니다.

자동 스프레이 시스템에는 산업용 로봇을 핵심으로 하는 고정밀 스프레이 건과 와이어 공급 장치가 장착되어 사전 설정된 경로에 따라 복잡한 기관의 스프레이를 완료할 수 있습니다. 시각적 인식 및 경로 계획 기술을 통해 로봇은 다양한 모양과 크기의 기관에 적응하여 수동 개입을 줄입니다. 이 센서는 온도, 압력 및 액적 속도와 같은 분사 매개변수를 실시간으로 모니터링하고 피드백 시스템을 통해 자동으로 조정하여 공정 안정성을 보장합니다. 일부 고급 시스템은 인라인 검사 기능을 통합하여 레이저 스캐닝 또는 적외선 이미징을 통해 코팅의 두께와 결함을 확인하고 적시에 문제를 식별합니다.

지능형 스프레이 시스템은 한 단계 더 나아가 인공지능 및 머신 러닝 알고리즘을 사용하여 프로세스를 최적화합니다. 예를 들어, AI 시스템은 과거 스프레이 데이터를 분석하여 최상의 매개변수 조합을 예측하고 테스트 비용을 절감할 수 있습니다. 클라우드 컴퓨팅 기술을 사용하면 여러 생산 기지의 데이터를 공유하고, 통합 프로세스 데이터베이스를 형성하고, 기업의 기술 관리 능력을 향상시킬 수 있습니다. 또한 지능형 시스템은 원격 모니터링 및 유지 보수를 지원하며, 작업자는 모바일 장치를 통해 실시간으로 장비 상태를 확인하고 오류에 신속하게 대응할 수 있습니다.

지능적이고 자동화된 스프레이 시스템의 적용으로 폴리브덴 스프레이 와이어의 생산 효율성이 크게 향상되었습니다. 예를 들어, 자동차 산업에서 자동 스프레이 라인은 99% 이상의 코팅 일관성으로 수천 개의 피스톤 링을 연속적으로 처리할 수 있습니다. 항공우주 부문에서 지능형 시스템은 복잡한 형상을 가진 부품에 대한 맞춤형 코팅 솔루션을 제공하고 생산 주기를 단축합니다. 이러한 기술의 광범위한 적용은 업계의 경쟁력을 향상시켰을 뿐만 아니라 보다 효율적이고 지능적인 방향으로 스프레이 기술의 개발을 촉진했습니다.

3.8 기술적 과제 및 솔루션

폴리브덴 스프레이 와이어의 생산 기술에서 상당한 진전이 이루어졌지만 코팅 박리 및 균열, 고온 산화 및 성능 저하, 생산 비용 및 효율성 균형, 복잡한 기관의 적응성을 포함한 여러 기술적 과제가 여전히 있습니다. 이 섹션에서는 이러한 문제의 원인을 분석하고 실용적인 솔루션을 제안합니다.

3.8.1 코팅 박리 및 균열

코팅 박리 및 균열은 폴리브덴 스프레이 와이어 응용 분야에서 일반적인 문제이며 종종 기관에 대한 코팅의 불충분한 접착력, 열 응력 축적 또는 코팅 내 결함으로 인해 발생합니다. 한편으로 인해 코팅이 파손될 수 있으며, 균열은 추가 부식 또는 마모를 유발하여 구성 요소 수명을 단축시킬 수 있습니다.

코팅 박리의 주요 원인은 기관의 불충분한 표면 준비 또는 부적절한 스프레이 매개변수입니다. 기관 표면의 오일, 산화물 또는 고르지 않은 거칠기는 기관에 대한 코팅의 접착력을 약화시킬 수 있습니다. 이 문제를 해결하려면 향상된 기관 전처리, 다단계 세척 및 샌드 블라스팅 공정이 필요하여 표면이 깨끗하고 적절한 거칠기를

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

유지하도록 해야 합니다. 또한 스프레이 온도를 낮추거나 스프레이 거리를 조정하는 것과 같은 스프레이 매개변수를 최적화하면 용융 액적의 급속 냉각을 줄이고 코팅의 접착력을 향상시킬 수 있습니다.

균열은 일반적으로 열 또는 기계적 응력에 의해 발생합니다. 분무 과정에서 폴리브덴 코팅과 기판 사이의 열팽창 계수의 차이는 특히 고온 냉각 중에 응력 축적으로 이어질 수 있습니다. 해결책에는 기판과 폴리브덴 코팅 사이에 전이층(예: 니켈 기반 합금)을 도입하여 열팽창 계수의 차이를 완화하기 위한 그라디언트 코팅 기술의 사용이 포함됩니다. 열처리 및 어닐링은 또한 잔류 응력을 제거하고 느린 냉각을 통해 코팅의 인성을 향상시키는 효과적인 방법입니다. 또한 낮은 열 입력으로 냉간 분무와 같은 개선된 분무 공정은 열 응력으로 인한 균열을 크게 줄일 수 있습니다.

3.8.2 고온 산화 및 성능 저하

고온에서 폴리브덴 코팅의 산화는 또 다른 주요 과제입니다. 폴리브덴은 고온에서 산소와 쉽게 반응하여 휘발성 폴리브덴 산화물(MoO_3)을 형성하여 코팅의 열화 또는 파손을 초래합니다. 이 문제는 항공기 엔진 및 가스 터빈과 같은 고온 응용 분야에서 특히 심각합니다.

고온 산화를 위한 솔루션에는 표면 개질 및 보호 코팅의 적용이 포함됩니다. 실리콘화는 폴리브덴 와이어 또는 코팅 표면에 MoSi_2 의 보호층을 형성하여 내산화성을 크게 향상시키는 효과적인 방법입니다. 또 다른 방법은 란타넘 또는 세륨과 같은 희토류 원소를 도핑하여 입자를 정제하고 안정적인 산화물 층을 형성하여 코팅의 고온 안정성을 향상시키는 것입니다. 또한 알루미늄 또는 지르코니아 코팅과 같은 사전 코팅 기술은 분무 공정 중 산화물 형성을 줄이고 코팅 수명을 연장합니다.

공정 최적화는 또한 고온 산화를 처리하는 중요한 수단입니다. 예를 들어, 불활성 가스(예: 아르곤)를 스프레이 분위기로 사용하면 산소를 효과적으로 분리하고 산화 반응을 줄일 수 있습니다. 콜드 스프레이 기술을 적용하면 고온 용융을 방지하고 산화 위험을 근본적으로 줄일 수 있습니다. 이러한 방법을 결합함으로써 폴리브덴 코팅은 고온에서 장기적인 성능 안정성을 유지할 수 있습니다.

3.8.3 생산 비용과 효율성의 균형

폴리브덴 스프레이 와이어의 생산 비용은 주로 원료, 장비 및 에너지의 소비로 인해 높습니다. 고품질을 유지하면서 생산 효율성을 개선하고 비용을 절감하는 방법은 업계가 직면한 중요한 과제입니다.

원료 비용의 통제는 폴리브덴 분말의 준비에서 시작해야 합니다. 선광 및 정제 과정을 최적화함으로써 폴리브덴 농축액의 회수율을 향상시킬 수 있고 생산 비용을 절감할 수 있습니다. 또한 분무 공정에서 발생하는 스퍼터 입자와 폐기물을 재활용하면 원료 폐기물을 크게 줄일 수 있습니다. 장비 비용의 절감은 모듈식 설계 및 현지화 기술의 촉진에 달려 있습니다. 예를 들어, 국산화 플라즈마 분무 장비의 비용은 수입 장비보다 30%-50% 저렴하며 성능은 점차 국제 수준에 접근하고 있습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

효율성 향상은 자동화 및 지능형 기술을 통해 달성해야 합니다. 자동화된 스프레이 라인은 수동 작업을 줄이고 생산 속도를 높이는 반면, 지능형 시스템은 데이터 분석을 통해 프로세스 매개변수를 최적화하여 불필요한 테스트 및 폐기율을 줄입니다. 또한 에너지 효율성을 개선하는 것도 비용 절감의 핵심입니다. 고효율 열원과 에너지 절약형 냉각 시스템을 사용하면 에너지 소비를 줄이는 동시에 친환경 제조 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

3.8.4 복잡한 기관 분무의 적응성

곡면, 다공성 구조 또는 이상한 모양의 부품과 같은 복잡한 기관의 코팅은 기술적인 과제이며, 특히 항공 우주 및 의료 분야의 고정밀 부품에서 기존 코팅 방법으로는 균일한 코팅 증착을 달성하기가 어렵습니다.

한 가지 해결책은 다축 모션 및 경로 계획을 통해 복잡한 기관 형상에 적응하는 로봇 스프레이 시스템을 사용하는 것입니다. 시각 인식 기술의 도입으로 로봇은 코팅의 균일성을 보장하기 위해 실시간으로 분사 각도와 거리를 조정할 수 있습니다. 레이저 보조 스프레이는 또한 액적 증착을 정밀하게 제어할 수 있는 고도로 집중된 열원으로 복잡한 표면을 코팅하는 효과적인 수단입니다.

복잡한 기관에 콜드 스프레이 기술을 적용하는 것은 유망합니다. 저온 특성으로 인해 콜드 스프레이는 변형이나 성능 저하를 일으키지 않고 폴리머 또는 복합 재료와 같은 열에 민감한 기관을 처리할 수 있습니다. 또한 맞춤형 스프레이 고정 장치 및 보조 도구의 개발은 복잡한 기관의 코팅 적응성을 더욱 향상시켜 포괄적이고 일관된 코팅 적용 범위를 보장할 수 있습니다.



CTIA GROUP LTD 폴리브렌 스프레이 와이어

저작권 및 법적 책임 선언문

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

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

Chapter 4 : 폴리브덴 스프레이 와이어의 분류

용사 기술의 중요한 재료로서 폴리브덴 스프레이 와이어의 성능 및 적용 범위는 다양한 생산 공정, 화학 성분 및 사용 시나리오로 인해 다양화됩니다. 적합한 폴리브덴 스프레이 와이어를 더 잘 이해하고 선택하기 위해서는 과학적으로 분류해야 합니다. 이 섹션에서는 폴리브덴 스프레이 와이어를 순도, 용도 및 분무 공정의 세 가지 차원에서 자세히 분류하고 다양한 유형의 폴리브덴 와이어의 특성, 준비 방법 및 적용 시나리오에 대해 설명합니다.

4.1 순수성에 의하여 분류

폴리브덴 스프레이 와이어의 순도는 성능의 핵심 지표로 코팅의 화학적 안정성, 기계적 특성 및 내식성에 직접적인 영향을 미칩니다. 폴리브덴 와이어의 폴리브덴 함량과 도핑 된 원소의 차이에 따라 고순도 폴리브덴 와이어와 도핑 된 폴리브덴 와이어의 두 가지 범주로 나눌 수 있습니다.

4.1.1 고순도 폴리브덴 와이어

고순도 폴리브덴 와이어는 폴리브덴 함량이 99.95% 이상이고 불순물(예: 철, 니켈, 탄소, 산소)이 매우 낮은 폴리브덴 와이어를 말하며 일반적으로 국가 표준(예: GB/T 4181-2017) 또는 국제 표준(예: ASTM B387-18)의 요구 사항을 충족합니다. 고순도 폴리브덴 와이어는 암모니아 침출, 수소 환원 및 진공 제련을 포함한 다단계 정제 공정을 통해 준비되어 미량의 불순물이 효과적으로 제거되도록 합니다.

특성:

높은 화학적 안정성: 고순도 폴리브덴 와이어는 고온 및 부식성 환경에서 우수한 산화 및 내화학성을 나타내므로 까다로운 응용 분야에 적합합니다.

우수한 열전도율: 고순도는 결정립계에서 불순물의 산란을 줄이고 열전도율을 향상시켜 효율적인 열 관리가 필요한 코팅에 적합합니다.

균일한 미세 구조: 고순도 폴리브덴 와이어의 입자가 미세하고 고르게 분포되어 있으며 코팅 밀도가 높고 다공성이 낮습니다.

높은 비용: 복잡한 정제 공정으로 인해 고순도 폴리브덴 와이어의 생산 비용이 높아 고급 시장에 적합합니다.

준비 과정: 고순도 폴리브덴 와이어의 생산은 고순도 폴리브덴 분말로 시작됩니다. 폴리브덴 분말은 수소 환원로에 의해 엄격하게 제어된 환원 분위기에서 제조된 다음 분말 야금 공정을 사용하여 폴리브덴 빌릿으로 압착됩니다. 폴리브덴 빌릿은 고온 소결, 열간 압연 및 다중 와이어 드로잉 공정을 거쳐 점차적으로 직경을 줄이고 최종적으로 필라멘트를 형성합니다. 고정밀 금형과 흑연 에멀전 윤활제는 와이어 표면이 매끄럽고 결함이 없는지 확인하기 위해 인발 과정에서 사용됩니다. 어닐링 공정은 진공 또는 수소 보호 하에서 수행되어 내부 응력을 완화하고 기계적 특성을 최적화합니다. 표면 세척은 화학적 또는 초음파 방법을 사용하여 잔류 윤활제와 산화물을 제거하여 높은 수준의 필라멘트 청결도를 보장합니다.

적용 시나리오: 고순도 폴리브덴 와이어는 코팅 성능에 대한 요구 사항이 매우 높은

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

분야에서 널리 사용됩니다. 예를 들어, 항공 우주 부문에서는 고순도 폴리브덴 와이어로 준비된 코팅이 터빈 블레이드와 연소실에 사용되어 고온 산화 및 기계적 마모에 저항합니다. 반도체 산업에서 고순도 폴리브덴 와이어는 코팅 공정 중 불순물 오염이 없는지 확인하기 위해 진공 코팅 가열 와이어에 사용됩니다. 화학 산업에서 고순도 폴리브덴 코팅은 산성 매체의 침식으로부터 반응기와 파이프라인을 보호합니다.

4.1.2 도핑된 폴리브덴 와이어

도핑된 폴리브덴 와이어는 희토류 원소, 세라믹 입자 또는 기타 금속과 같은 미량 원소를 폴리브덴 매트릭스에 추가하여 특정 특성을 향상시키는 폴리브덴 와이어입니다. 일반적인 도핑 원소에는 란탄 산화물(La_2O_3), 이트륨 산화물(Y_2O_3), 칼륨(K) 또는 탄화규소(SiC)가 포함됩니다. 도핑 금액은 일반적으로 성능 개선과 비용 관리의 균형을 맞추기 위해 0.1%-2% 사이에서 제어됩니다.

특성:

향상된 고온 성능: 희토류 원소(예: 란타넘 산화물 도핑)가 도핑된 폴리브덴 와이어는 고온에서 안정적인 산화물 보호층을 형성하여 내산화성을 크게 향상시킵니다.

기계적 특성 개선: 도핑된 요소는 입자를 정제하고 인장 강도와 인성을 향상시키며 스프레이 공정 중 필라멘트가 파손될 위험을 줄입니다.

맞춤형 기능: 도핑된 폴리브덴 와이어는 내마모성 증가 또는 마찰 계수 감소와 같은 응용 분야 요구 사항에 맞게 조정할 수 있습니다.

적당한 비용: 고순도 폴리브덴 와이어와 비교하여 도핑된 폴리브덴 와이어의 생산 비용이 약간 낮아 대규모 산업 응용 분야에 적합합니다.

준비 과정: 도핑된 폴리브덴 와이어의 제조는 폴리브덴 분말의 생산 단계에서 도핑된 요소를 도입합니다. 예를 들어, 란탄 산화물 도핑된 폴리브덴 와이어는 란탄 산화물 용액과 폴리브덴 암모늄 분말을 혼합하여 도핑된 폴리브덴 분말을 생산함으로써 생산되며, 이는 이후에 감소됩니다. 도핑된 폴리브덴 분말은 프레스, 소결 및 인발 공정에 의해 폴리브덴 와이어로 만들어집니다. 소결 공정 중에 온도와 대기를 정밀하게 제어하여 도핑 원소가 고르게 분포되고 휘발성이 없도록 해야 합니다. 인발 및 어닐링 공정은 고순도 폴리브덴 와이어와 유사하지만 재료의 경도에 대한 도핑 원소의 영향을 수용하기 위해 매개변수를 조정해야 합니다. 세척 과정에서 도핑 원소가 손실되지 않도록 표면 처리에 특별한 주의를 기울여야 합니다.

응용 시나리오: 도핑된 폴리브덴 와이어는 목표 성능 최적화로 인해 특정 산업 시나리오에서 널리 사용됩니다. 예를 들어, 란탄 산화물 도핑된 폴리브덴 와이어는 부품 수명을 연장하기 위해 가스 터빈 블레이드의 고온 내성 코팅에 사용됩니다. 높은 인성으로 인해 칼륨 도핑된 폴리브덴 와이어는 자동차 피스톤 링의 내마모성 코팅에 적합합니다. 탄화규소가 도핑된 폴리브덴 와이어는 우수한 내마모성과 내식성을 제공하기 위해 해양 장비에 사용됩니다. 도핑된 폴리브덴 와이어의 다양화로 비용과 성능 간의 균형을 맞출 수 있으며 특히 중고급 시장에 적합합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

4.2 사용에 따른 분류

폴리브덴 스프레이 와이어는 최종 용도에 따라 산업용 스프레이용 폴리브덴 와이어와 기능성 코팅용 폴리브덴 와이어의 두 가지 범주로 나눌 수 있습니다. 이 분류는 다양한 응용 시나리오에서 폴리브덴 와이어의 성능 요구 사항과 코팅 설계를 반영합니다.

4.2.1 산업용 스프레이용 폴리브덴 와이어

산업용 스프레이용 폴리브덴 와이어는 주로 기관의 내마모성, 내식성 및 고온 저항을 향상시키도록 설계된 보호 코팅을 준비하는 데 사용됩니다. 이 유형의 폴리브덴 와이어는 대규모 산업 생산에 널리 사용되어 코팅의 신뢰성과 비용 효율성을 강조합니다.

특성:

높은 내구성: 산업용 스프레이 코팅은 기계적 마모, 화학적 공격 또는 고온 충격을 견뎌야 하며 폴리브덴 와이어는 안정적인 기계적 및 화학적 특성을 가져야 합니다.

높은 증착 효율: 산업용 스프레이는 생산 효율성에 중점을 두고 있으며 폴리브덴 와이어는 지속적이고 안정적인 스프레이 공정을 보장하기 위해 자동 와이어 공급 시스템에 맞게 조정해야 합니다.

다재: 산업용 스프레이용 폴리브덴 와이어는 일반적으로 표준 사양이며 다양한 기관(예: 강철, 알루미늄, 세라믹)에 적합합니다.

경제성: 코팅 성능과 비용의 균형이 이루어져야 하며 산업용 스프레이용 폴리브덴 와이어는 대부분 고순도 또는 가볍게 도핑된 폴리브덴 와이어입니다.

준비 및 적용 과정: 산업용 스프레이용 폴리브덴 와이어의 준비 공정은 분말 야금, 와이어 드로잉 및 어닐링으로 만든 고순도 폴리브덴 분말 또는 가볍게 도핑된 폴리브덴 분말을 사용하여 상대적으로 표준화되어 있습니다. 스프레이 공정은 주로 화염 스프레이와 아크 스프레이로 장비가 간단하고 비용이 저렴하여 대면적 코팅 증착에 적합합니다. 분무 과정에서 폴리브덴 와이어는 와이어 공급 장치를 통해 일정한 속도로 스프레이 건에 들어가고 용융 후 용융 방울을 형성하여 기관 표면에 분사됩니다. 연마 또는 열처리와 같은 코팅 후 처리는 성능을 더욱 최적화할 수 있습니다.

적용 시나리오: 산업용 스프레이용 폴리브덴 와이어는 다음 분야에서 널리 사용됩니다.

자동차 산업: 엔진 효율성과 수명을 개선하기 위해 피스톤 링, 실린더 블록 및 배기 시스템을 위한 내마모성, 고온 코팅.

에너지 산업: 보일러 파이프, 열교환기 및 풍력 터빈 구성 요소를 부식 및 마모로부터 보호합니다.

조선 해양 : 프로펠러와 선체에 부식 방지 코팅을 제공하여 해양 장비의 수명을 연장합니다.

건설 기계: 굴삭기 버킷 및 중장비 표면 코팅으로 내마모성 및 내충격성 향상.

저작권 및 법적 책임 선언문

4.2.2 기능성 코팅용 폴리브덴 와이어

기능성 코팅용 폴리브덴 와이어는 자체 윤활, 전기 전도성, 열 장벽 또는 생체 적합성 코팅과 같은 특정 기능을 가진 코팅을 준비하는 데 사용됩니다. 이러한 폴리브덴 와이어는 일반적으로 고급 응용 분야를 대상으로 하며 특정 기술 요구 사항을 충족하기 위해 맞춤형 속성이 필요합니다.

특성:

특수 기능: 기능성 코팅은 낮은 마찰, 전기 전도성 또는 열 충격 저항과 같은 특정 응용 분야를 위해 설계되었습니다.

고정밀 요구 사항: 코팅은 정확한 두께와 미세 구조를 가져야 하며 폴리브덴 와이어의 크기와 표면 품질이 매우 높습니다.

복잡한 공정: 고급 스프레이 기술(예: 플라즈마 스프레이, HVOF)은 폴리브덴 와이어의 용융 거동 및 증착 효율에 대한 엄격한 요구 사항이 있는 기능성 코팅에 자주 사용됩니다.

높은 부가가치: 기능성 코팅용 폴리브덴 와이어는 시장 가치는 높지만 생산 비용이 높은 첨단 기술 분야에서 주로 사용됩니다.

준비 및 적용 과정: 기능성 코팅을 위한 폴리브덴 와이어의 준비는 코팅 기능에 따라 맞춤화되어야 합니다. 예를 들어, 자체 윤활 코팅용 폴리브덴 와이어는 이황화 폴리브덴 또는 흑연으로 도핑될 수 있으며, 열 차단 코팅용 폴리브덴 와이어는 세라믹 입자와 혼합될 수 있습니다. 준비 과정에는 와이어의 균일성과 안정성을 보장하기 위해 고정밀 와이어 드로잉 및 다단계 어닐링이 포함됩니다. 분무 공정은 주로 플라즈마 분무, HVOF 또는 냉간 분무로 코팅의 미세 구조와 특성을 정밀하게 제어할 수 있습니다. 코팅 접착력을 보장하기 위해 분무 전에 기관의 미세한 전처리(예: 샌드 블라스팅 또는 초음파 세척)가 필요합니다. 코팅 후 처리에는 기능적 특성을 최적화하기 위해 레이저 재용융 또는 밀봉이 포함될 수 있습니다.

적용 시나리오: 기능성 코팅용 폴리브덴 와이어는 다음 분야에서 광범위한 응용 분야를 가지고 있습니다.

항공 우주: 터빈 블레이드에 열 차단 코팅은 고온 및 산화로부터 구성 요소를 보호하기 위해 사용됩니다. 전도성 코팅은 우주선의 전기 접점 부품에 사용됩니다.

전자 및 반도체: 폴리브덴 코팅은 고순도 코팅을 보장하기 위해 진공 코팅 장비에서 와이어를 가열하는 데 사용됩니다. 자체 윤활 코팅은 전자 부품을 고속으로 미끄러뜨리는 데 사용됩니다.

의료: 생체 적합성 폴리브덴 코팅은 체액의 부식을 줄이기 위해 인공 관절 및 임플란트에 사용됩니다. 항균 코팅은 수술 도구에 사용됩니다.

적층 제조: 폴리브덴 코팅은 고온 용융 재료의 마모로부터 3D 프린팅 노즐을 보호합니다.

4.3 분무 과정에 따른 분류

적용 가능한 분무 공정에 따라 폴리브덴 와이어는 화염 분무용 폴리브덴 와이어, 아크 분무용 폴리브덴 와이어, 플라즈마 분무용 폴리브덴 와이어, 고속 산소 연료 분무(HVOF)용 폴리브덴 와이어 및 냉간 분무용 폴리브덴 와이어로 나눌 수 있습니다.

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

이 분류는 다양한 스프레이 기술에서 몰리브덴 와이어의 성능 요구 사항 및 공정 특성을 반영합니다.

4.3.1 화염 분무용 몰리브덴 와이어

화염 분무는 옥시-아세틸렌 화염을 사용하여 몰리브덴 와이어를 가열하고 녹여 기관 표면에 분무하는 전통적인 분무 공정입니다. 화염 분무용 몰리브덴 와이어는 안정적인 용융 거동과 적당한 기계적 특성을 가져야 합니다.

특성:

간단한 프로세스: 화염 분사 장비는 비용이 저렴하고 작동이 쉬우며 현장 건설에 적합합니다.

적당한 코팅 특성: 코팅은 다공성과 중간 접착력을 가지고 있어 일반 산업 응용 분야에 적합합니다.

몰리브덴 와이어에 대한 요구 사항은 낮습니다 : 직경은 일반적으로 1.6-3.0 mm 이며 표면은 매끄러워야 하지만 순도 요구 사항은 상대적으로 느슨합니다.

준비 및 적용 과정: 화염 분무용 몰리브덴 와이어는 대부분 표준 와이어 드로잉 공정으로 준비되는 고순도 또는 가볍게 도핑된 몰리브덴 와이어로 만들어집니다. 분무 과정에서 몰리브덴 와이어는 와이어 공급 장치를 통해 스프레이 건으로 들어가고 옥시-아세틸렌 화염이 이를 녹이고 압축 공기는 용융된 물방울을 기관에 분사합니다. 코팅 후에는 다공성을 줄이기 위해 연마하거나 밀봉해야 합니다.

응용 프로그램 시나리오:

자동차 부품(예: 크랭크축, 피스톤) 수리.

건설 기계용 내마모성 코팅(예: 굴삭기 버킷).

교량 강철 구조물을 위한 반대로 부식 코팅.

4.3.2 아크 스프레이용 몰리브덴 와이어

아크 스프레이는 두 개의 몰리브덴 와이어 사이에 형성된 아크 열을 사용하여 와이어를 녹이고 기관 표면에 분사합니다. 아크 스프레이용 몰리브덴 와이어는 높은 전도성과 안정적인 와이어 공급 성능을 가져야 합니다.

특성:

높은 증착 효율 : 아크 스프레이 속도가 빠르며 대면적 코팅에 적합합니다.

더 높은 코팅 품질: 코팅은 화염 스프레이보다 다공성이 낮고 접착력이 더 강합니다.

이중 와이어 설계: 두 개의 몰리브덴 와이어를 동시에 공급해야 하며 와이어 직경의 일관성이 높아야 합니다.

준비 및 적용 과정: 아크 스프레이용 몰리브덴 와이어는 일반적으로 직경이 1.6-2.0mm 인 고순도 몰리브덴 와이어입니다. 준비 과정은 아크의 안정성을 보장하기 위해 와이어의 치수 정확도와 표면 마감에 중점을 둡니다. 스프레이 장비에는 와이어 공급 속도를 정밀하게 제어하기 위해 이중 와이어 공급 시스템이 장착되어 있습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

응용 프로그램 시나리오:

선박용 부식 방지 코팅(예: 선체, 갑판).

풍력 터빈 블레이드를 위한 내마모성 코팅.

강철 교량용 보호 코팅.

4.3.3 플라즈마 분무용 몰리브덴 와이어

플라즈마 스프레이는 고온 플라즈마(최대 15,000°C)를 사용하여 몰리브덴 와이어를 녹여 고성능 코팅을 형성합니다. 플라즈마 분무용 몰리브덴 와이어는 높은 순도와 정밀도가 필요합니다.

특성:

높은 코팅 품질: 조밀한 코팅, 낮은 다공성, 강한 접착력.

복잡한 공정: 높은 장비 비용 및 플라즈마 매개변수의 정밀한 제어.

몰리브덴 와이어에 대한 높은 요구 사항: 고순도 및 표면에 결함이 필요하지 않습니다.

준비 및 적용 과정: 플라즈마 스프레이용 몰리브덴 와이어는 직경 1.0-2.0mm의 고순도 몰리브덴 와이어로 만들어지며 표면은 전기화학적으로 연마됩니다. 플라즈마는 분무 장비의 불활성 가스(예: 아르곤)에 의해 생성되며, 몰리브덴 와이어는 고온 플라즈마 흐름에서 용융되어 증착 후 고밀도 코팅을 형성합니다.

응용 프로그램 시나리오:

항공기 엔진 터빈 블레이드를 위한 열 차단 코팅.

반도체 장치용 전도성 코팅.

고온 반응기를 위한 부식 방지 코팅.

4.3.4 고속 순산소 분무용 몰리브덴 와이어(HVOF).

HVOF 스프레이는 초음속 화염을 통해 몰리브덴 코팅을 증착시키며, 이는 경도가 높고 접착력이 강합니다. HVOF 용 몰리브덴 와이어는 고온 및 고압 주입에 강해야 합니다.

특성:

초고 코팅 성능 : 코팅 다공성이 매우 낮고 경도가 세라믹 코팅에 가깝습니다.

높은 장비 요구 사항: 고압 연료 및 정밀한 제어 시스템이 필요합니다.

몰리브덴 와이어는 안정성이 강하여 고속 분사의 충격을 견뎌야 합니다.

준비 및 적용 과정: HVOF 용 몰리브덴 와이어의 대부분은 고순도 또는 도핑된 몰리브덴 와이어이며 준비 프로세스는 와이어의 인성과 표면 품질을 최적화합니다. 분무 장비는 산소와 등유와 같은 연료를 사용하여 초음속 화염을 생성하며, 여기서 몰리브덴 와이어는 고온에서 녹고 고속으로 침전됩니다.

응용 프로그램 시나리오:

가스 터빈 블레이드를 위한 내마모성 코팅.

저작권 및 법적 책임 선언문

항공 우주 유압 부품을 위한 고경도 코팅.
심해 장비를 위한 내압 코팅.

4.3.5 냉간 분무용 폴리브덴 와이어

콜드 스프레이는 초고속 가스를 통해 폴리브덴 입자의 증착을 가속화하여 저온에서 코팅을 형성합니다. 냉간 분무용 폴리브덴 와이어는 미세하고 균일해야 합니다.

특성:

저온 공정: 산화를 방지하고 열에 민감한 기판에 적합합니다.

강력한 환경 보호: 친환경 제조에 따라 배기 가스가 없습니다.

폴리브덴 와이어에 대한 특별 요구 사항: 미세 입자 또는 분말 형태가 필요합니다.

준비 및 적용 과정: 냉간 분무용 폴리브덴은 특수 연삭 또는 가스 분무로 준비해야 하며 입자 크기는 마이크론 수준에서 제어됩니다. 스프레이 장비는 질소와 같은 고압 가스를 사용하여 기판 표면에 증착된 입자를 가속하여 조밀한 코팅을 형성합니다.

응용 프로그램 시나리오:

전자 부품용 열전도성 코팅.

알루미늄 합금 기판 수리.

의료 기기용 생체적합성 코팅.



CTIA GROUP LTD 폴리브덴 스프레이 와이어

5 장 : 몰리브덴 스프레이 와이어의 사용

몰리브덴 스프레이 와이어는 높은 용점, 내식성 및 우수한 기계적 특성으로 인해 많은 산업 분야에서 대체할 수 없는 역할을 합니다. 몰리브덴 코팅은 화염 분무, 플라즈마 분무, 아크 분무 및 고속 산소 분무와 같은 열 분무 기술을 통해 기관 표면에 증착되어 부품의 내마모성, 고온 저항 및 내식성을 크게 향상시킬 수 있습니다. 이 장에서는 항공 우주, 자동차, 화학 및 에너지, 전자 및 반도체, 의료 및 생명 공학 및 기타 분야에서 몰리브덴 스프레이 와이어의 광범위한 응용 분야에 대해 자세히 논의하여 현대 산업에서 몰리브덴의 다양한 가치를 입증합니다.

5.1 항공 우주 분야

항공우주 산업은 재료 특성에 대한 요구 사항이 매우 까다롭고 구성 요소는 고온, 고압 및 부식성이 높은 환경에서 안정적으로 작동해야 합니다. 우수한 고온 성능과 내산화성으로 인해 몰리브덴 스프레이 와이어는 항공기 엔진 및 우주선의 주요 구성 요소에 대한 코팅 준비에 널리 사용됩니다. 이 섹션에서는 터빈 블레이드 및 엔진 부품, 고온 구조 부품 및 열 차단 코팅, 우주선의 내마모성 및 부식 방지 코팅에서 몰리브덴 스프레이 와이어의 특정 응용 분야에 대해 설명합니다.

5.1.1 터빈 블레이드 및 엔진 구성 요소

항공기 엔진의 터빈 블레이드는 항공기 엔진의 핵심 구성 요소이며 매우 높은 온도, 압력 및 기계적 응력을 받습니다. 몰리브덴 스프레이 와이어로 제조된 몰리브덴 코팅은 높은 경도와 내마모성으로 인해 터빈 블레이드의 표면 보호에 이상적인 선택이 되었습니다. 몰리브덴 코팅은 플라즈마 스프레이 또는 고속 산소 연료 스프레이(HVOF)에 의해 니켈 기반 합금 또는 티타늄 블레이드의 표면에 증착되어 고온 가스 흐름의 침식 및 미립자 마모에 효과적으로 저항할 수 있는 견고한 보호층을 형성합니다.

터빈 블레이드의 작동 환경에서 온도는 1000°C 를 초과할 수 있으며 고속 회전 및 진동으로 인해 일반 재료는 이러한 가혹한 조건을 거의 견딜 수 없습니다. 몰리브덴 코팅의 우수한 열전도율과 열충격 저항성으로 인해 열을 효과적으로 분산시키고 블레이드 표면의 열 응력 집중을 줄일 수 있습니다. 또한 몰리브덴 코팅의 높은 경도는 모래 또는 연소 잔류 물과 같은 고체 입자의 충격에 저항하여 블레이드의 수명을 연장합니다. 실제 응용 분야에서 몰리브덴 코팅은 종종 지르코니아 열 차단 코팅과 같은 다른 재료와 결합되어 블레이드의 고온 저항을 더욱 향상시키는 복합 코팅을 형성합니다.

몰리브덴 스프레이 와이어는 연소실 및 노즐과 같은 다른 엔진 부품에도 널리 사용됩니다. 연소실 내부의 극심한 열과 화학적 부식은 내산화성이 우수한 재료를 필요로 하며, 몰리브덴 코팅은 안정적인 산화물 층을 형성하여 기관을 침식으로부터 보호합니다. 분무 공정의 유연성으로 인해 몰리브덴 코팅이 복잡한 형상에 적응하여 연소실과 노즐을 완벽하게 보호할 수 있습니다. 이 코팅 기술의 적용은 항공기 엔진의 신뢰성과 유지 보수 간격을 크게 개선하여 항공 우주 산업의 효율성과 안전성에 중요한 지원을 제공합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Spray Wire Introduction

1. Overview of Molybdenum Spray Wire

Molybdenum spray wire is a high-purity molybdenum metal wire that is melted and deposited onto a substrate surface through thermal spray techniques such as flame spraying, plasma spraying, arc spraying, or HVOF (High Velocity Oxy-Fuel). The resulting coating offers excellent resistance to wear, corrosion, and high temperatures. Due to its high melting point and superior performance, molybdenum wire is widely used across various industrial sectors.

2. Characteristics of Molybdenum Spray Wire

High Melting Point: Approximately 2623°C, suitable for high-temperature environments.

Excellent Corrosion Resistance: Resists attack from acids, alkalis, and chemical media.

High Hardness & Wear Resistance: Tough coating that withstands mechanical wear.

Low Friction Coefficient: Reduces component wear and improves efficiency.

Chemical Stability: Maintains performance in harsh environments.

High Thermal Conductivity: Effectively dissipates heat and extends component lifespan.

3. Typical Uses of Molybdenum Spray Wire

Aerospace: Turbine blades, engine parts, thermal barrier coatings.

Automotive Industry: Wear-resistant coatings for piston rings, engine blocks, and brake discs.

Chemical & Energy Sectors: Corrosion-resistant pipelines, heat exchangers, wind power equipment.

Electronics & Semiconductors: Vacuum deposition heating wires, semiconductor leads.

Medical Field: Corrosion-resistant coatings for implants and surgical instruments.

Others: Marine anti-corrosion, wear-resistant construction machinery, high-temperature furnaces.

4. Basic Data of Molybdenum Spray Wire from CTIA GROUP LTD

Purity	≥99.95%
Density	10.2 g/cm ³
Diameter Range	1.0-3.0 mm, customizable
Tensile Strength	Moderate to ensure stable wire feeding
Packaging	Customized Packaging

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.molybdenum.com.cn

5.1.2 고온 구조 부품 및 열 차단 코팅

로켓 엔진 노즐, 핫엔드 부품, 재진입 우주선 인클로저와 같은 항공우주 차량의 고온 구조 부품은 극한의 온도에서 구조적 무결성을 유지해야 합니다. 폴리브덴 스프레이 와이어로 준비된 코팅은 높은 용점과 열충격 저항으로 인해 이러한 구성 요소에 이상적인 보호 재료입니다. 폴리브덴 코팅은 플라즈마 스프레이 기술에 의해 초합금 또는 세라믹 매트릭스 복합재의 표면에 증착되어 고밀도 보호층을 형성하여 고온 산화 및 열 사이클 응력에 효과적으로 저항할 수 있습니다.

열 차단 코팅(TBC)은 기관의 표면 온도를 낮추고 부품 수명을 연장하기 위한 항공우주 산업에서 중요한 기술입니다. 폴리브덴 코팅은 기관을 세라믹의 최상층(예: 지르코니아)에 연결하기 위해 열 차단 코팅 시스템에서 바인더 층으로 자주 사용됩니다. 폴리브덴 코팅의 열팽창 계수는 금속 기관과 세라믹 코팅의 열팽창 계수 사이에 있어 열팽창 불일치로 인한 응력을 효과적으로 완화하고 코팅이 벗겨지는 것을 방지할 수 있습니다. 또한 폴리브덴 코팅의 높은 열전도율은 세라믹 층에서 기관으로 열을 전도하여 열 차단 시스템의 성능을 최적화하는 데 도움이 됩니다.

우주 왕복선 또는 극초음속 차량의 핫 엔드 부품에서 폴리브덴 코팅은 또한 절제 방지 역할을 합니다. 절제는 고온 기류의 영향으로 재료가 점진적으로 손실되는 것을 말하며, 폴리브덴 코팅은 절제 속도를 늦추고 높은 용점과 화학적 안정성을 통해 중요한 구성 요소를 보호할 수 있습니다. 이 코팅 기술을 적용하면 우주선이 극한 환경에서 더 긴 임무를 수행할 수 있게 되어 심우주 탐사 및 고속 비행을 위한 기술 지원을 제공할 수 있습니다.

5.1.3 우주선을 위한 wear-resistant 와 반대로 부식 코팅

우주선은 발사, 작동 및 복구 과정에서 대기 마찰, 화학적 부식 및 기계적 마모를 포함한 복잡한 환경 문제에 직면해 있습니다. 폴리브덴 스프레이 와이어로 제조된 내마모성 및 부식 방지 코팅은 위성 안테나, 추진 시스템 구성 요소 및 착륙 장치와 같은 우주선의 외부 구조 및 핵심 구성 요소에 널리 사용됩니다. 이러한 코팅은 아크 스프레이 또는 HVOF 기술에 의해 증착되어 구성 요소의 내구성과 신뢰성을 크게 향상시킬 수 있습니다.

우주선 외부의 폴리브덴 코팅은 특히 해양 기후의 발사장 환경에서 대기 산소 및 수분 부식에 강합니다. 폴리브덴 코팅의 높은 경도와 낮은 마찰 계수는 고속 비행 중에 발생하는 먼지 또는 얼음 입자와 같은 작은 입자에 의한 충격 마모에 강합니다. 또한 폴리브덴 코팅의 화학적 불활성으로 인해 화학 연료나 산화제에 노출될 때 안정적으로 유지되어 우주선의 중요한 구성 요소가 침식되지 않도록 보호합니다.

폴리브덴 코팅의 저마찰 특성은 태양열 날개 경첩 또는 안테나 구동 메커니즘과 같은 위성의 움직이는 부분에서 특히 중요합니다. 이러한 구성 요소는 진공 환경에서 고정밀 이동이 필요하며 마찰이나 마모는 기능 장애로 이어질 수 있습니다. 폴리브덴 스프레이 와이어로 준비된 코팅은 매끄러운 표면과 우수한 내마모성을 통해 이러한 구성 요소의 장기간 안정적인 작동을 보장합니다. 우주선 코팅 기술의 발전은 장비 성능을 향상시켰을 뿐만 아니라 미래의 심우주 탐사 임무를 위한 보다 안정적인 재료

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

지원을 제공했습니다.

5.2 자동차 산업

자동차 산업은 몰리브덴 스프레이 와이어의 중요한 응용 분야이며, 이는 내마모성, 고온 저항 및 낮은 마찰 특성으로 인해 엔진, 배기 시스템 및 브레이크 시스템 구성 요소의 성능을 향상시키는 데 널리 사용됩니다. 이 섹션에서는 엔진 피스톤 및 실린더 블록 코팅, 배기 시스템 고온 코팅 및 브레이크 시스템 마모 코팅에서 몰리브덴 스프레이 와이어의 특정 응용 분야를 조사합니다.

5.2.1 엔진 피스톤 및 블록 코팅

자동차 엔진의 피스톤과 실린더 블록은 고온, 고압 및 고속 마찰 환경에서 작동해야 하는 자동차의 핵심 부품입니다. 몰리브덴 스프레이 와이어로 제조된 몰리브덴 코팅은 높은 경도와 낮은 마찰 계수로 인해 피스톤과 실린더 표면에 이상적인 보호층이 됩니다. 몰리브덴 코팅은 일반적으로 아크 스프레이 또는 화염 스프레이 기술에 의해 알루미늄 합금 또는 주철 기관 표면에 증착되어 마찰 마모를 크게 줄이고 엔진 효율성과 수명을 향상시키는 견고한 보호층을 형성합니다.

피스톤 링의 적용에서 몰리브덴 코팅은 실린더 벽과의 마찰을 효과적으로 줄여 에너지 손실과 연료 소비를 줄일 수 있습니다. 몰리브덴 코팅의 다공성 구조는 또한 특정 오일 저장 용량을 가지고 있어 작동 중 윤활을 유지하고 건조 마찰로 인한 화상을 방지할 수 있습니다. 또한 몰리브덴 코팅의 고온 저항으로 인해 연소실의 고온 환경에서 안정적으로 유지되고 연소 생성물의 부식에 저항할 수 있습니다. 이 코팅 기술의 적용으로 최신 자동차 엔진은 낮은 유지 보수 비용을 유지하면서 더 높은 압축비와 출력으로 작동할 수 있습니다.

실린더 블록 내부의 몰리브덴 코팅도 똑같이 중요합니다. 실린더 블록의 표면은 피스톤 링의 반복적인 마찰과 고온 가스의 충격을 견뎌야 하며 일반 재료로는 장기간 성능을 유지하기 어렵습니다. 몰리브덴 코팅은 실린더 블록의 표면을 효과적으로 보호하고 높은 경도와 열충격 저항을 통해 수명을 연장할 수 있습니다. 일부 고성능 차량에서는 몰리브덴 코팅이 세라믹 또는 탄소 기반 코팅과 같은 다른 재료와 함께 사용되어 성능을 더욱 향상시키는 복합 코팅을 형성합니다. 이 기술의 광범위한 사용은 자동차 산업을 보다 효율적이고 환경 친화적인 개발로 이끌었습니다.

5.2.2 배기 시스템을 위한 고온 레지스턴트 코팅

자동차 배기 시스템은 고온 및 부식성 가스 환경에서 작동하며 우수한 내열성 및 내식성을 필요로 합니다. 높은 용점과 화학적 안정성으로 인해 몰리브덴 스프레이 와이어로 제조된 몰리브덴 코팅은 배기관, 촉매 변환기 및 머플러의 표면 보호에 널리 사용됩니다. 이러한 코팅은 플라즈마 스프레이 또는 HVOF 기술에 의해 증착되며 고온 배기 가스에 의한 침식 및 산화에 강합니다.

배기 시스템의 작동 온도는 특히 배기 가스 온도가 훨씬 더 높은 터보차저 엔진에서 800°C 이상까지 높을 수 있습니다. 몰리브덴 코팅은 스테인리스강 또는 연강과 같은 기관이 안정적인 산화물 층을 형성하여 고온에서 산화되거나 취화되는 것을

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

방지합니다. 또한 물리브덴 코팅의 열 충격 저항으로 인해 잦은 고온 및 저온 사이클을 견딜 수 있어 온도 변화로 인한 균열이나 파편을 방지할 수 있습니다. 촉매 변환기에서 물리브덴 코팅은 또한 내부의 귀금속 촉매를 보호하여 서비스 수명을 연장하고 배기 가스 처리의 효율성을 향상시킵니다.

물리브덴 코팅의 저마찰 특성은 밸브 또는 연결부와 같은 배기 시스템의 특정 부분에서도 중요한 역할을 합니다. 이러한 구성 요소는 고온에서 유연한 움직임을 유지해야 하며 물리브덴 코팅을 적용하면 마찰 마모를 줄이고 시스템 신뢰성을 향상시킬 수 있습니다. 물리브덴 스프레이 와이어 기술을 통해 자동차 배기 시스템은 열악한 환경에서 장기간 안정적인 성능을 유지할 수 있어 차량의 환경 성능과 내구성에 중요한 지원을 제공합니다.

5.2.3 브레이크 시스템을 위한 내마모성 코팅

제동 시스템은 자동차 안전의 핵심이며, 브레이크 디스크와 패드는 높은 수준의 마찰과 열 부하를 받습니다. 물리브덴 스프레이 와이어로 제조된 물리브덴 코팅은 높은 경도와 내마모성으로 인해 브레이크 디스크 표면에 널리 사용되어 마모 및 열 붕괴에 저항하는 능력을 향상시킵니다. 물리브덴 코팅은 HVOF 또는 아크 스프레이 기술에 의해 증착되어 강력한 보호층을 형성하여 제동 시스템의 성능과 수명을 크게 향상시킵니다.

제동 중에는 브레이크 디스크와 브레이크 패드 사이의 고속 마찰로 인해 많은 열이 발생하여 표면 온도가 급격히 상승합니다. 물리브덴 코팅의 높은 열전도율과 열충격 저항은 열을 효과적으로 분산시키고 브레이크 디스크가 과열되어 변형되거나 균열되는 것을 방지할 수 있습니다. 또한 물리브덴 코팅의 마찰 계수가 낮아 제동 중 에너지 손실을 줄이고 제동 효율을 향상시키는 데 도움이 됩니다. 고성능 스포츠카 또는 대형 상용차에서 물리브덴 코팅은 잦은 제동으로 인한 마모에도 강하여 브레이크 디스크의 수명을 연장합니다.

브레이크 패드에 물리브덴 코팅을 적용하는 것도 마찬가지로 중요합니다. 물리브덴 코팅은 브레이크 패드의 내마모성 및 고온 저항을 향상시키고 마모 입자의 생성을 줄이며 브레이크 먼지의 환경 영향을 줄일 수 있습니다. 전기 자동차 분야에서는 전기 자동차의 제동 시스템이 회생 제동의 작동 모드에 적응하기 위해 더 높은 내구성을 요구하기 때문에 물리브덴 코팅의 적용이 특히 두드러집니다. 물리브덴 와이어 기술의 스프레이를 통해 브레이크 시스템의 성능이 크게 향상되어 자동차의 안전 및 환경 보호를 보장합니다.

5.3 화학 및 에너지 산업

화학 및 에너지 산업은 부식성이 높은 화학 물질, 고온 및 고압을 포함한 다양한 극한 환경을 포함하며 물리브덴 스프레이 와이어로 제조된 코팅은 내식성 및 고온 저항으로 인해 이 분야에서 중요한 재료가 되었습니다. 이 섹션에서는 파이프 및 밸브, 반응기 및 열교환기, 태양열 및 풍력 장비의 부식 방지 코팅에 스프레이 코팅된 물리브덴 와이어의 적용을 검토합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

5.3.1 부식 방지 파이프 및 밸브

화학 산업의 파이프 및 밸브는 종종 강산, 알칼리 또는 기타 부식성 매체에 노출되며 일반 재료는 이러한 침식을 장기간 견디기 어렵습니다. 몰리브덴 스프레이 와이어로 제조된 몰리브덴 코팅은 우수한 화학적 안정성과 내식성으로 인해 파이프라인 및 밸브의 표면 보호에 널리 사용됩니다. 이러한 코팅은 플라즈마 스프레이 또는 콜드 스프레이 기술에 의해 증착되어 부식성 매체를 효과적으로 격리하는 조밀한 보호층을 형성합니다.

석유 화학 산업에서 파이프와 밸브는 황 함유 화합물, 염화물 및 기타 부식성 가스를 견뎌야 합니다. 몰리브덴 코팅의 화학적 불활성으로 인해 이러한 환경에서 안정적으로 유지되어 탄소강 또는 스테인리스강과 같은 기관의 부식 및 피팅을 방지할 수 있습니다. 또한 몰리브덴 코팅의 경도가 높기 때문에 유동 매체에서 고체 입자의 침식 및 마모에 저항하여 파이프 및 밸브의 수명을 연장합니다. 해양 석유 및 가스 플랫폼에서 몰리브덴 코팅의 적용은 해수 및 염수 분무의 부식에 저항할 수 있어 열악한 환경에서 장비의 신뢰성을 보장할 수 있기 때문에 특히 중요합니다.

스폴 및 시트와 같은 밸브의 움직이는 부분은 낮은 마찰과 높은 내마모성이 필요하며 몰리브덴 코팅을 적용하면 이러한 구성 요소의 성능을 크게 향상시킬 수 있습니다. 몰리브덴 코팅의 매끄러운 표면과 낮은 마찰 계수는 밸브 작동 중 저항을 줄여 스위치의 유연성과 견고성을 향상시킵니다. 몰리브덴 와이어 스프레이 기술을 사용하면 화학 파이프 및 밸브의 유지 보수 간격이 연장되어 운영 비용과 가동 중지 시간이 줄어듭니다.

5.3.2 반응기 및 열교환기 코팅

화학 반응기 및 열교환기는 고온, 고압 및 부식성 환경에서 작동해야 하는 화학 생산의 핵심 장비입니다. 몰리브덴 스프레이 와이어로 제조된 몰리브덴 코팅은 고온 저항 및 내식성으로 인해 이러한 장치에 이상적인 보호 재료입니다. 몰리브덴 코팅은 HVOF 또는 플라즈마 스프레이 기술에 의해 증착되며, 이는 반응기 및 열교환기의 내부 표면을 보호하는 견고한 보호층을 형성할 수 있습니다.

반응기는 종종 복잡한 화학 반응을 수반하여 재료에 대한 요구가 매우 높은 고온 가스 및 부식성 액체를 생성합니다. 몰리브덴 코팅의 높은 융점과 화학적 안정성으로 인해 고온에서 구조적 무결성을 유지하면서 산성 또는 알칼리성 매체의 공격에 저항할 수 있습니다. 열교환기에서 몰리브덴 코팅의 우수한 열전도율은 열교환 효율을 향상시키는 데 도움이 되며, 열충격 저항은 잦은 온도 변화를 견딜 수 있고 코팅의 균열이나 벗겨짐을 방지할 수 있습니다.

원자력 산업에서는 방사성 매체의 부식으로부터 열교환기의 튜브 번들을 보호하기 위해 몰리브덴 코팅이 사용됩니다. 몰리브덴 코팅의 낮은 중성자 흡수 단면은 핵 반응 환경에서 독특한 이점을 제공하여 반응 효율을 손상시키지 않으면서 보호 기능을 제공합니다. 몰리브덴 와이어 기술의 분무를 통해 반응기 및 열교환기의 성능과 안전성이 크게 향상되어 화학 및 에너지 산업의 안정적인 작동을 보장합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

5.3.3 태양 및 풍력 에너지 장비용 코팅

재생 에너지 장비의 급속한 발전은 재료 특성에 대한 새로운 요구 사항을 제시했으며 몰리브덴 스프레이 와이어로 준비된 코팅은 태양열 및 풍력 에너지 장비에서 중요한 역할을 했습니다. 이러한 코팅은 내마모성, 내식성 및 높은 열전도율을 통해 장비의 효율성과 수명을 증가시킵니다.

태양열 발전 시스템에서는 몰리브덴 코팅이 수집기 튜브의 표면 보호에 적용됩니다. 몰리브덴 코팅의 높은 열전도율과 열충격 저항은 효율적인 열 전달을 보장하는 동시에 고온 산화 및 열 순환으로 인한 손상을 방지합니다. 풍력 에너지 장비에서 몰리브덴 코팅은 풍력 터빈의 블레이드와 베어링을 보호하는 데 사용됩니다. 풍력 터빈은 모래, 습기 및 염수 분무의 영향을 받는 휘발성 자연 환경에서 작동하며 몰리브덴 코팅의 내마모성 및 내식성은 블레이드와 베어링의 수명을 효과적으로 연장할 수 있습니다.

몰리브덴 코팅의 저마찰 특성은 풍력 터빈의 변속기 시스템에서 특히 중요하며, 기어 및 베어링의 마모를 줄이고 에너지 변환 효율을 향상시킵니다. 콜드 스프레이 기술은 또한 재생 에너지 장비에서 점점 더 많이 사용되고 있으며 저온 특성은 열 손상을 방지하기 위해 복합 또는 경합금 기관용 몰리브덴 코팅을 준비하는 데 적합합니다. 태양열 및 풍력 에너지 장비의 신뢰성과 효율성은 재생 에너지의 대중화를 위한 기술 지원을 제공하는 몰리브덴 와이어 스프레이 기술의 적용을 통해 크게 향상되었습니다.

5.4 전자 및 반도체 산업

전자 및 반도체 산업은 재료의 순도, 전도성 및 열 안정성에 대한 요구 사항이 매우 높으며 몰리브덴 스프레이 와이어는 높은 순도와 우수한 물리적 특성으로 인해 이 분야에서 중요한 재료가 되었습니다. 이 섹션에서는 진공 코팅을 위한 전열선, 반도체 리드 및 전극, 박막 증착을 위한 몰리브덴 와이어 코팅에 스프레이 코팅된 몰리브덴 와이어의 적용에 대해 설명합니다.

5.4.1 진공코팅용 전열선

진공 코팅은 디스플레이, 센서 및 집적 회로와 같은 장치를 생산하기 위해 전자 및 반도체 산업에서 일반적으로 사용되는 박막 준비 기술입니다. 몰리브덴 스프레이 와이어는 용점이 높고 전기 전도성이 우수하여 진공 코팅 장비의 가열선으로 널리 사용됩니다. 몰리브덴 와이어는 저항에 의해 가열되어 고온을 생성하고 알루미늄 또는 구리와 같은 증발된 물질을 기화시키고 기관 표면에 증착하여 균일한 필름을 형성합니다.

몰리브덴 와이어의 순도가 높고 화학적 안정성이 높기 때문에 진공 환경에서 장기간 작동할 수 있으며 불순물의 산화 또는 휘발로 인한 오염을 방지할 수 있습니다. 몰리브덴 스프레이 와이어는 표면 개질(예: 실리콘화)을 통해 내산화성을 더욱 향상시키고 전열선의 수명을 연장합니다. 또한 몰리브덴 와이어의 기계적 강도와 열충격 저항으로 인해 잦은 가열 및 냉각 주기를 견디고 안정적인 성능을 유지할 수 있습니다. 고정밀 코팅 장비에서 몰리브덴 와이어의 균일성과 표면 마감은 필름의 품질에 매우 중요하며 스프레이 공정은 와이어의 이러한 특성을 보장합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

5.4.2 반도체 리드 및 전극

반도체 장치의 리드 및 전극은 높은 전도성과 고온 저항을 필요로 하며, 몰리브덴 스프레이 와이어로 제조된 몰리브덴 코팅은 우수한 전기적 및 기계적 특성으로 인해 이러한 부품에 널리 사용됩니다. 몰리브덴 코팅은 플라즈마 스프레이 또는 콜드 스프레이 기술에 의해 리드 프레임 또는 전극 표면에 증착되어 전도성이 높고 부식에 강한 보호층을 형성합니다.

반도체 패키징에서 리드 프레임은 고온 납땜 및 화학적 세척을 받으며 몰리브덴 코팅의 화학적 불활성 및 높은 경도는 프레임이 손상되지 않도록 보호합니다. 전력 반도체 장치에서 전극 표면에 몰리브덴 코팅을 사용하여 전도성과 내마모성을 향상시키고 고전류 및 전압에서 장치의 안정적인 작동을 보장합니다. 몰리브덴 코팅의 낮은 열팽창 계수는 실리콘 기반 재료와 잘 어울리며 열 응력으로 인한 균열을 줄입니다.

5.4.3 박막 증착을 위한 몰리브덴 와이어 코팅

박막 증착은 전도층, 절연층 및 배리어층과 같은 기능성 박막을 준비하기 위한 반도체 산업의 핵심 기술입니다. 높은 순도와 균일성으로 인해 스프레이 코팅된 몰리브덴 와이어는 박막 증착을 위한 표적 또는 보조 재료로 사용됩니다. 몰리브덴 코팅은 콜드 스프레이 또는 플라즈마 스프레이 기술에 의해 기판 표면에 증착되어 PVD(Physical Vapor Deposition) 또는 CVD(Chemical Vapor Deposition) 공정에 적합한 고밀도 필름을 형성합니다.

몰리브덴 코팅의 우수한 전기 전도성과 화학적 안정성으로 인해 박막 증착에서 안정적인 성능을 제공할 수 있어 고온 또는 반응성 가스에서 대상 물질의 열화를 방지할 수 있습니다. 디스플레이 제조에서 몰리브덴 코팅은 필름의 전도성과 내구성을 향상시키기 위해 투명 전도성 필름(예: 인듐 주석 산화물의 후면 전극)을 만드는 데 사용됩니다. 박막 증착의 효율성과 품질은 몰리브덴 스프레이 와이어 기술을 통해 크게 향상되어 전자 및 반도체 산업의 혁신을 지원합니다.

5.5 의료 및 생명 공학

의료 및 생명 공학 분야는 재료의 생체 적합성, 내식성 및 고온 성능에 대한 요구 사항이 매우 높으며 몰리브덴 스프레이 와이어로 제조된 몰리브덴 코팅은 우수한 성능으로 의료 기기 및 생명 공학 장비에 널리 사용됩니다. 이 섹션에서는 의료 기기 발열체 및 부식 방지 의료 기기의 코팅에 몰리브덴 스프레이 와이어를 적용하는 방법을 살펴봅니다.

5.5.1 의료기기용 발열체

메스 히터, 치과 장비 및 실험실 분석 기기와 같은 의료 기기의 발열체는 고온에서 안정적이고 신뢰할 수 있어야 합니다. 용융점이 높고 전기 전도성이 우수한 스프레이 코팅된 몰리브덴 와이어는 이러한 발열체의 재료로 사용됩니다. 몰리브덴 와이어는 고온을 발생시키는 저항에 의해 가열되며 샘플을 절단, 소작 또는 가열하는 데 사용되며 고순도 및 화학적 안정성으로 의료 환경에서 안전을 보장합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

치과 장비에서 몰리브덴 와이어는 세라믹 크라운 또는 임플란트를 만들기 위해 고온 소결로에서 발열체로 사용됩니다. 몰리브덴 와이어의 고온 안정성과 내산화성은 여러 가열 주기에 걸쳐 성능을 유지할 수 있도록 하여 재료 열화로 인한 오염을 방지합니다. 실험실 분석 기기에서 몰리브덴 와이어는 샘플의 정확한 가열과 신뢰할 수 있는 분석 결과를 보장하기 위해 질량 분석기 또는 열 분석 장비의 발열체로 사용됩니다.

5.5.2 의료기기용 내식성 코팅

수술 도구, 임플란트 및 진단 장치와 같은 의료 기기는 체액이나 소독제가 있는 상태에서 부식 방지 상태를 유지해야 합니다. 몰리브덴 스프레이 와이어로 제조된 몰리브덴 코팅은 화학적 불활성과 높은 경도로 인해 이러한 장치의 표면 보호에 널리 사용됩니다. 몰리브덴 코팅은 콜드 스프레이 또는 플라즈마 스프레이 기술에 의해 증착되어 장비 표면의 부식이나 마모를 방지하는 조밀한 보호층을 형성합니다.

인공 관절이나 뼈 손톱과 같은 정형외과용 임플란트에서 몰리브덴 코팅은 티타늄 합금과 같은 기질의 내식성 및 생체 적합성을 향상시켜 체액에 대한 임플란트 반응으로 인한 염증을 줄일 수 있습니다. 수술 도구에서 몰리브덴 코팅의 낮은 마찰과 높은 경도는 절단 중 저항을 줄여 도구 내구성과 정밀도를 향상시킬 수 있습니다. 몰리브덴 와이어 기술의 분무를 통해 의료 기기의 성능과 안전성이 크게 향상되어 환자 치료를 보장합니다.

5.6 다른 적용 영역

몰리브덴 스프레이 와이어의 사용은 위에서 언급한 주요 영역에 국한되지 않고 조선 해양 엔지니어링, 건설 기계 및 중장비, 고온 스토브 및 열처리 장비에서도 중요한 역할을 합니다. 이 섹션에서는 이러한 영역의 특정 응용 프로그램을 살펴봅니다.

5.6.1 선박 및 해양 엔지니어링을 위한 부식 방지 코팅

부식은 해수, 염수 분무 및 습한 환경에서 작동하는 선박 및 해양 장비의 주요 과제입니다. 몰리브덴 스프레이 와이어로 제조된 몰리브덴 코팅은 우수한 내식성과 높은 경도로 인해 선박 프로펠러, 방향타 샤프트 및 해양 플랫폼의 파이프라인 보호에 널리 사용됩니다. 몰리브덴 코팅은 HVOF 또는 아크 스프레이 기술에 의해 증착되어 해수의 갈바닉 부식과 고체 입자의 침식 및 마모에 효과적으로 저항 할 수 있습니다.

해양 플랫폼에서는 시추 파이프와 밸브를 보호하기 위해 몰리브덴 코팅이 사용되어 열악한 환경에서 서비스 수명을 연장합니다. 몰리브덴 코팅의 저마찰 특성은 또한 유압 시스템과 같은 움직이는 부품의 성능을 향상시켜 유지 보수의 필요성을 줄입니다. 조선 해양 장비의 신뢰성과 안전성은 몰리브덴 와이어 스프레이 기술의 적용을 통해 크게 향상되었습니다.

5.6.2 건설 기계 및 중장비의 내마모성 코팅

굴삭기 버킷, 불도저 블레이드 및 크러셔 해머와 같은 건설 기계 및 중장비는 높은 수준의 마모와 충격을 받습니다. 몰리브덴 스프레이 와이어로 제조된 몰리브덴

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

코팅은 높은 경도와 내마모성으로 인해 이러한 부품에 이상적인 보호 재료입니다. 폴리브덴 코팅은 HVOF 기술을 통해 증착되어 모래, 암석 및 기타 연마재의 충격에 대한 견고한 보호층을 형성합니다.

중장비에서 폴리브덴 코팅의 저마찰 특성은 부품 간 마모를 줄이고 기계적 효율성을 향상시킵니다. 예를 들어, 굴삭기 버킷의 폴리브덴 코팅은 암석이 많은 토양에서 수명을 연장하여 교체 빈도와 유지 보수 비용을 줄입니다. 폴리브덴 와이어 기술의 적용을 통해 건설 기계의 성능과 내구성이 크게 향상되어 엔지니어링 프로젝트의 효율성을 지원합니다.

5.6.3 고온 스토브 및 열처리 장비

고온 스토브 및 열처리 장비는 매우 높은 온도에서 작동해야 하며 재료는 고온 및 산화에 대한 저항성이 우수해야 합니다. 높은 용점과 화학적 안정성으로 인해 스프레이 코팅된 폴리브덴 와이어는 고온 스토브의 발열체 및 보호 코팅으로 사용됩니다. 폴리브덴 와이어는 저항에 의해 가열되어 고온을 발생시키며 금속 열처리, 세라믹 소결 및 유리 용해에 사용되며 고순도 및 내산화성으로 장기간 안정적인 성능을 보장합니다.

열처리 장비에서 폴리브덴 코팅은 고온 산화 및 화학적 공격으로부터 용광로의 내벽과 지지 구조를 보호하는 데 사용됩니다. 폴리브덴 코팅의 높은 열전도율과 열충격 저항으로 인해 빈번한 온도 변화를 견디고 균열이나 찌개짐을 방지할 수 있습니다. 폴리브덴 스프레이 와이어 기술을 통해 고온 스토브의 성능과 수명이 크게 향상되어 산업 생산의 안정성과 효율성을 보장합니다.



CTIA GROUP LTD 폴리브덴 스프레이 와이어

저작권 및 법적 책임 선언문

Chapter 6 물리브덴 스프레이 와이어 생산 설비

물리브덴 스프레이 와이어의 생산 공정에는 원료 가공에서 최종 코팅 증착에 이르기까지 많은 복잡한 단계가 포함되며, 각 단계에는 공정 정확도와 제품 품질 안정성을 보장하기 위해 특수 장비가 필요합니다. 이 장에서는 원료 가공 장비, 물리브덴 와이어 생산 장비, 스프레이 장비, 보조 및 후처리 장비, 자동화 및 지능형 장비를 포함하여 물리브덴 스프레이 와이어 생산에 필요한 다양한 유형의 장비에 대해 자세히 설명합니다. 이러한 기계는 함께 코팅된 물리브덴 와이어 생산을 위한 기술적 기반을 형성하고 항공 우주, 자동차 산업, 화학 및 에너지 분야의 응용 분야에 대한 안정적인 지원을 제공합니다.

6.1 원료 가공 장비

원료 가공은 물리브덴 스프레이 와이어 생산의 첫 번째 단계이며, 여기에는 물리브덴 광석에서 고순도 물리브덴 분말로의 복잡한 변환 과정이 포함됩니다. 이 단계의 장비는 물리브덴 분말의 고순도와 일관성을 보장하기 위해 높은 정밀도와 엄격한 환경 제어 기능을 가져야 합니다. 이 섹션에서는 물리브덴 분말 준비 및 환원 장비와 소결로 및 단조 장비에 대해 설명합니다.

6.1.1 물리브덴 분말 제조 및 환원 장비

물리브덴 분말 준비 및 환원 장비는 원료 가공의 핵심으로, 물리브덴 광석 정제 후 물리브덴 산화물(MoO_3)을 고순도 금속 물리브덴 분말로 변환하는 데 사용됩니다. 여기에는 분쇄기, 분쇄기, 부유 장비 및 수소 환원로가 포함되며, 각각은 공정 체인에서 특정 역할을 합니다.

크러셔와 밀은 큰 광석 조각의 물리브덴 광석을 미세한 입자로 처리하는 데 사용됩니다. 조 크러셔 및 콘 크러셔는 일반적으로 사용되는 1 차 파쇄 장비로 광석을 더 작은 입자로 파쇄 할 수 있으며 후속 연삭 처리에 적합합니다. 연삭 기계(예: 볼 밀 또는 로드 밀)는 회전 실린더의 연삭 매체를 통해 광석을 미세한 분말로 추가로 분쇄하며, 이는 float = "입입니다. 시스템: 준비할 분리를 선택합니다. 이러한 장비에는 균일한 입자 크기를 보장하면서 먼지 오염을 줄이기 위해 효율적인 집진 시스템이 장착되어야 합니다.

부유 선광 장비는 선광 공정의 핵심이며 미세하게 분쇄된 광석에서 물리브덴나이트(MoS_2)를 분리하는 데 사용됩니다. 부유 셀은 일반적으로 슬러리와 공기로 채워진 여러 부유 탱크로 구성되며, 이는 수집기 및 발포제와 결합되어 발포를 형성하고 불순물에서 물리브덴나이트 입자를 분리합니다. 현대의 부상능력 장비는 자동 제어 시스템을 채택하여 첨가된 제의 양과 기포 흐름을 실시간으로 조정하고 선광 효율을 향상시키고 순도를 집중시킬 수 있습니다. 부유 선광 물리브덴 농축액은 후속 로스팅을 준비하기 위해 여과되고 건조됩니다.

로스터는 물리브덴나이트를 물리브덴 산화물로 변환하는 데 사용되며 물리브덴 분말을 제조하는 데 중요한 단계입니다. 회전식 가마 및 다중 챔버 용광로는 고온 산화를 통해 물리브덴나이트에서 황을 제거하여 물리브덴 산화물 분말을 생산하는 데

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

일반적으로 사용되는 로스팅 장비입니다. 이러한 스토브에는 유황을 완전히 제거하고 이산화황 배출을 줄이기 위해 정밀한 온도 제어 시스템과 배기 가스 처리 장치가 장착되어야 합니다. 붉은 몰리브덴 산화물은 암모니아 침출 장비로 더욱 정제되어 미량의 불순물을 제거하고 고순도 몰리브덴산 암모늄 용액을 형성합니다.

수소 환원로는 몰리브덴 산화물 또는 몰리브덴 암모늄 황산염을 금속 몰리브덴 분말로 환원시키는 데 사용되는 몰리브덴 분말 생산의 핵심 장비입니다. 환원 과정은 일반적으로 두 단계로 나뉩니다 : 첫 번째 단계는 낮은 온도에서 산화 몰리브덴을 이산화 몰리브덴 (MoO_2)으로 환원시키고 두 번째 단계는 더 높은 온도에서 몰리브덴 금속을 금속으로 환원시킵니다. 이 용광로는 튜브형 또는 푸시 보트 설계로 제공되며 고순도 수소 공급 시스템과 정밀한 온도 제어 장치가 장착되어 환원 공정의 안정성을 보장합니다. 용광로 본체 재료는 일반적으로 몰리브덴 합금 또는 석영으로 오염을 방지하기 위해 고온에 강합니다. 감소된 몰리브덴 분말은 공기 분류기 또는 진동 스크린으로 분류되어 입자 크기와 분포가 와이어 드로잉 공정의 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.

이러한 장비의 조정된 작동에는 몰리브덴 분말의 외부 오염을 방지하기 위해 매우 깨끗한 생산 환경이 필요합니다. 최신 몰리브덴 분말 준비 장비는 또한 제품 품질의 일관성을 보장하기 위해 분말의 화학 조성 및 입자 크기 분포를 실시간으로 감지할 수 있는 온라인 모니터링 시스템을 통합합니다.

6.1.2 소결로 및 단조 장비

소결로 및 단조 장비는 몰리브덴 분말을 조밀한 블랭크로 압착하고 와이어 드로잉에 적합한 몰리브덴 막대로 추가로 가공하는 데 사용됩니다. 소결로는 분말 야금 공정의 핵심 장비이며 몰리브덴 분말 입자는 고온 처리를 통해 강한 금속 구조로 결합됩니다. 단조 장비는 기계적 변형을 통해 블랭크의 미세 구조를 최적화하여 강도와 연성을 향상시킵니다.

소결로는 일반적으로 진공 또는 수소를 사용하여 고온에서 몰리브덴이 산화되는 것을 방지합니다. 진공 소결로는 용광로에서 산소와 수분을 제거하기 위해 진공 청소를 통해 고순도 몰리브덴 블랭크를 생산하는 데 적합합니다. 수소 소결로는 고순도 수소를 지속적으로 공급하여 환원 분위기를 조성하여 산화를 방지할 뿐만 아니라 블랭크 표면의 미량 산화물을 세정합니다. 현대의 소결로는 다단계 가열 영역과 정밀 온도 제어 시스템을 갖추고 있어 몰리브덴 분말의 특성에 따라 소결 온도와 유지 시간을 조정하고 블랭크의 밀도와 입자 구조를 최적화할 수 있습니다. 일부 고급 소결로는 생산 효율성을 향상시키기 위해 자동 적재 및 하역 시스템도 통합합니다.

단조 장비에는 소결 된 몰리브덴 빌렛을 길쭉한 몰리브덴 바로 가공하기 위한 열간 단조 기계와 열간 압연기가 포함됩니다. 열간 단조 기계는 유압 또는 기계 해머링을 사용하여 고온에서 블랭크를 변형시키고 입자를 정제하며 내부 결함을 제거합니다. 열간 압연기는 일련의 롤을 통해 빌렛의 직경을 점차적으로 줄여 균일한 몰리브덴 막대를 생성합니다. 이러한 장치에는 몰리브덴의 연성을 유지하기 위해 고온 가열과 산화를 방지하기 위한 보호 분위기 시스템이 장착되어야 합니다. 단조 및 압연

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

공정은 블랭크 또는 표면 결함의 균열을 방지하기 위해 변형 속도와 온도를 정밀하게 제어해야 합니다.

소결로와 단조 장비 사이의 시너지 효과는 몰리브덴 와이어 생산을 위한 고품질 원료를 제공합니다. 디지털 제어 및 실시간 모니터링을 통해 최신 장비는 생산 효율성과 제품 일관성을 크게 향상시켜 후속 도면 프로세스를 위한 견고한 기반을 마련할 수 있습니다.

6.2 몰리브덴 와이어 생산 설비

몰리브덴 와이어 생산은 몰리브덴 막대를 필라멘트로 가공하는 데 중요한 단계이며 와이어 드로잉, 어닐링 및 표면 처리와 같은 프로세스를 포함합니다. 이러한 공정에는 몰리브덴의 단단하고 부서지기 쉬운 특성을 극복하여 와이어의 치수 정확도와 표면 품질을 보장하기 위해 고정밀 장비가 필요합니다. 이 섹션에서는 와이어 드로잉 기계 및 다이, 어닐링로 및 열처리 장비, 표면 청소 및 연마 장비에 대해 설명합니다.

6.2.1 철사 그림 기계와 거꾸집

와이어 드로잉 머신은 몰리브덴 와이어 생산의 핵심 장비로, 몰리브덴 막대를 금형을 통해 필라멘트로 늘리는 데 사용됩니다. 와이어 드로잉 기계는 단일 모드 와이어 드로잉 기계와 다중 모드 연속 와이어 드로잉 기계로 나뉘며 각각 적용 가능한 시나리오가 있습니다. 단일 다이 와이어 드로잉 머신은 단일 금형이 장착된 저용량, 고정밀 생산에 적합하며 각 도면은 수동 또는 반자동 작동으로 완료됩니다. 다중 모드 연속 드로잉 기계는 다중 다이와 견인 장치가 장착된 대규모 생산에 적합하여 몰리브덴 막대를 지속적으로 늘릴 수 있어 효율성을 크게 향상시킬 수 있습니다.

철사 그림 기계의 핵심 성분은 극단적으로 높은 경도 및 착용 저항이 있는 텅스텐 탄화물 또는 다결정 다이아몬드입니다. 보통 만드는 거꾸집입니다. 다이의 조리개 설계는 도면 요구 사항과 정확하게 일치해야 하며 조리개 감소 순서는 와이어의 균일한 변형을 보장하기 위해 과학적으로 계산됩니다. 윤활 시스템은 와이어 드로잉 머신의 중요한 부분이며, 흑연 에멀전 또는 이황화 몰리브덴 윤활제를 분사하여 금형과 몰리브덴 와이어 사이의 마찰을 줄이고 다이 수명을 연장하며 와이어의 표면 품질을 향상시킵니다. 현대의 와이어 드로잉 머신에는 장력 제어 시스템과 냉각 기능이 장착되어 있어 드로잉 과정에서 와이어가 끊어지거나 과열되는 것을 방지합니다.

금형의 제조 및 유지 관리는 드로잉 프로세스의 핵심입니다. 고품질 금형은 조리개와 표면 마감의 정확성을 보장하기 위해 정기적으로 연마하고 검사해야 합니다. 일부 고급 와이어 드로잉 머신은 와이어 직경과 표면 결함을 실시간으로 모니터링하고 적시에 드로잉 매개변수를 조정할 수 있는 인라인 검사 시스템을 통합합니다. 이 고정밀 장비 설계는 몰리브덴 와이어의 치수 일관성과 기계적 특성을 보장하여 스프레이 공정에 고품질 와이어를 제공합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Spray Wire Introduction

1. Overview of Molybdenum Spray Wire

Molybdenum spray wire is a high-purity molybdenum metal wire that is melted and deposited onto a substrate surface through thermal spray techniques such as flame spraying, plasma spraying, arc spraying, or HVOF (High Velocity Oxy-Fuel). The resulting coating offers excellent resistance to wear, corrosion, and high temperatures. Due to its high melting point and superior performance, molybdenum wire is widely used across various industrial sectors.

2. Characteristics of Molybdenum Spray Wire

High Melting Point: Approximately 2623°C, suitable for high-temperature environments.

Excellent Corrosion Resistance: Resists attack from acids, alkalis, and chemical media.

High Hardness & Wear Resistance: Tough coating that withstands mechanical wear.

Low Friction Coefficient: Reduces component wear and improves efficiency.

Chemical Stability: Maintains performance in harsh environments.

High Thermal Conductivity: Effectively dissipates heat and extends component lifespan.

3. Typical Uses of Molybdenum Spray Wire

Aerospace: Turbine blades, engine parts, thermal barrier coatings.

Automotive Industry: Wear-resistant coatings for piston rings, engine blocks, and brake discs.

Chemical & Energy Sectors: Corrosion-resistant pipelines, heat exchangers, wind power equipment.

Electronics & Semiconductors: Vacuum deposition heating wires, semiconductor leads.

Medical Field: Corrosion-resistant coatings for implants and surgical instruments.

Others: Marine anti-corrosion, wear-resistant construction machinery, high-temperature furnaces.

4. Basic Data of Molybdenum Spray Wire from CTIA GROUP LTD

Purity	≥99.95%
Density	10.2 g/cm ³
Diameter Range	1.0-3.0 mm, customizable
Tensile Strength	Moderate to ensure stable wire feeding
Packaging	Customized Packaging

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.molybdenum.com.cn

6.2.2 어닐링로 및 열처리 장비

어닐링로 및 열처리 장비는 와이어 드로잉 과정에서 발생하는 내부 응력을 제거하고 몰리브덴 와이어의 결정 구조를 복원하며 연성과 인성을 향상시키는 데 사용됩니다. 이러한 장치는 몰리브덴 와이어 표면의 산화를 방지하기 위해 진공 또는 보호 분위기에서 작동해야 합니다.

진공 어닐링로는 용광로에서 산소를 제거하기 위해 진공 청소기로 청소하여 고순도 몰리브덴 와이어를 생산하는 데 적합합니다. 퍼니스에는 고온 발열체(예: 몰리브덴 또는 텅스텐 전열선)가 장착되어 있어 온도와 램프업 속도를 정밀하게 제어할 수 있습니다. 수소 어닐링로는 고순도 수소를 사용하여 환원 분위기를 생성하여 산화를 방지할 뿐만 아니라 와이어 표면의 미량 산화물을 청소합니다. 현대의 어닐링 용광로는 다단계 가열 설계를 사용하여 점진적 가열을 통해 몰리브덴 와이어의 미세 구조를 최적화하여 대형 입자 또는 응력 전달을 방지합니다.

열처리 장비에는 어닐링 후 냉각 속도를 제어하는 냉각 시스템도 포함되어 있습니다. 급속 냉각은 응력 재축적으로 이어질 수 있으며, 너무 느린 냉각은 생산성에 영향을 줄 수 있습니다. 일부 고급 어닐링 용광로에는 자동 적재 및 언로딩 시스템이 장착되어 있어 여러 롤의 몰리브덴 와이어를 지속적으로 처리할 수 있어 생산 효율성이 향상됩니다. 어닐링 용광로는 또한 에너지 효율성을 염두에 두고 설계되었으며, 친환경 제조의 요구 사항에 따라 효율적인 단열 및 회수 시스템을 통해 열 손실을 줄였습니다.

6.2.3 표면 청소 및 연마 장비

표면 세척 및 연마 장비는 몰리브덴 와이어 표면에서 윤활제, 산화물 및 기타 오염 물질을 제거하는 데 사용되어 코팅 공정 중에 우수한 표면 품질을 보장합니다. 여기에는 화학 세척 탱크, 초음파 세척기 및 연마 장치가 포함됩니다.

화학 세척 수조는 묽은 염산 또는 수산화나트륨과 같은 약산성 또는 알칼리성 용액을 사용하여 몰리브덴 와이어 표면에서 산화물 층과 유기 잔류물을 제거합니다. 세척 탱크에는 일반적으로 세척 용액의 순도를 보장하고 2차 오염을 방지하기 위해 순환 여과 시스템이 장착되어 있습니다. 세척 후 몰리브덴 와이어는 분무 효과에 영향을 미치는 화학 잔류물을 방지하기 위해 탈이온수 행굼 탱크를 통해 철저히 청소됩니다.

초음파 세척기는 고주파 음파를 사용하여 액체에 작은 기포를 만들고 기포 파열의 충격을 통해 마이크론 크기의 입자와 기름 얼룩을 제거합니다. 이 기계는 작은 몰리브덴 와이어를 처리하는 데 특히 적합하며 필라멘트 표면의 미세한 함몰부로 침투하여 완전한 청소를 보장할 수 있습니다. 초음파 세척기의 주파수와 출력은 표면 손상을 방지하기 위해 와이어의 크기에 따라 조정해야 합니다.

연마 장비에는 기계 연마 기계와 전기 화학 연마 장치가 포함됩니다. 기계 연마 기계는 알루미나 또는 다이아몬드 분말과 같은 미세 연마제를 사용하여 브러시 또는 연마 벨트를 회전시켜 몰리브덴 와이어 표면을 연마하여 거울 효과를 얻습니다. 전기화학적 연마 장치는 전기 분해를 통해 와이어 표면의 미세한 돌출부를

저작권 및 법적 책임 선언문

선택적으로 용해시켜 매끄러운 표면을 형성합니다. 이러한 장치는 몰리브덴 와이어의 표면 마감을 크게 개선하고 스프레이 과정에서 용융된 물방울의 스패터를 줄이며 코팅 품질을 향상시킬 수 있습니다.

6.3 스프레이 장비

스프레이 장비는 몰리브덴 스프레이 와이어 생산의 핵심이며, 몰리브덴 와이어를 용융하여 기관 표면에 증착하여 보호 코팅을 형성하는 데 사용됩니다. 여기에는 화염 분무 시스템, 플라즈마 분무 장비, 아크 분무 장치 및 고속 순산소 분무(HVOF) 장비가 포함되며, 각각 다른 응용 분야 및 코팅 요구 사항에 적합합니다.

6.3.1 화염 분무 시스템

화염 분무 시스템은 산소-아세틸렌 화염을 사용하여 몰리브덴 와이어를 가열하여 용융 또는 반용융하여 압축 공기에 의해 기관 표면에 분사하는 최초의 열 분사 기술 중 하나입니다. 화염 분무 시스템은 스프레이 건, 와이어 공급 장치, 가스 공급 시스템 및 제어 장치로 구성됩니다.

스프레이 건은 화염 분무 시스템의 핵심 구성 요소로, 연소실과 노즐이 장착되어 있어 고온 화염을 생성하고 액적의 방향을 제어합니다. 와이어 공급 장치는 정확한 모터 제어를 통해 몰리브덴 와이어를 일정한 속도로 스프레이 건에 공급하여 용융 공정의 안정성을 보장합니다. 가스 공급 시스템은 산소와 아세틸렌을 제공하며, 혼합 비율은 화염 온도와 안정성을 최적화하기 위해 유량계에 의해 조정됩니다. 제어 장치는 디지털 인터페이스를 통해 와이어 공급 속도, 화염 강도 및 분사 거리와 같은 분사 매개변수를 조정합니다.

화염 분무 시스템은 구조가 간단하고 현장 건설 및 대면적 코팅 증착에 적합하며 자동차 부품 수리 및 산업 기계 보호에 널리 사용됩니다. 그러나 화염 온도가 낮고 코팅 다공성이 높기 때문에 후처리 장비와 함께 최적화해야 합니다. 최신 화염 분무 시스템은 자동 제어 및 온라인 모니터링을 통합하여 분무 효율성과 일관성을 개선합니다.

6.3.2 플라즈마 스프레이 장비

플라즈마 분무 장비는 고온 플라즈마(최대 15,000°C)를 사용하여 몰리브덴 와이어를 용융하여 기관 표면에 증착되어 조밀한 코팅을 형성하는 고속 용융 물방울 흐름을 형성합니다. 이 장비에는 플라즈마 스프레이 건, 전원 공급 시스템, 가스 공급 시스템 및 냉각 장치가 포함됩니다.

플라즈마 스프레이 건은 전기 아크를 통해 불활성 가스(예: 아르곤 또는 질소)를 고온 플라즈마로 변환하고 몰리브덴 와이어는 플라즈마 스트림으로 공급되어 빠르게 용융됩니다. 스프레이 건의 노즐 설계는 코팅의 품질을 향상시키기 위해 플라즈마 흐름의 안정성과 방향성을 보장해야 합니다. 전원 공급 시스템은 아크의 강도와 안정성을 제어하는 고전압 직류를 제공합니다. 가스 공급 시스템은 플라즈마 가스의 흐름과 조성을 정밀하게 조절하여 용융 효과를 최적화합니다. 냉각 장치는 수냉식 또는 공랭식을 통해 건이 과열되는 것을 방지하여 장비의 수명을 연장합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

플라즈마 스프레이 장비는 항공 우주 및 에너지 부문의 고성능 응용 분야를 위한 고경도, 저다공성 폴리브덴 코팅을 생산할 수 있습니다. 높은 정확도와 유연성을 통해 복잡한 형상의 기관을 처리할 수 있지만 장비 비용이 높고 작업이 복잡하며 전문적인 기술 지원이 필요합니다.

6.3.3 아크 스프레이 장치

아크 스프레이 장치는 두 개의 폴리브덴 와이어 사이의 아크 가열을 사용하여 와이어를 녹이고 압축 공기를 통해 기관 표면에 분사합니다. 이러한 장치에는 아크 스프레이 건, 와이어 공급 시스템, 전원 공급 시스템 및 공기 압축기가 포함됩니다.

아크 스프레이 건은 두 개의 폴리브덴 와이어의 접촉을 정밀하게 제어하여 와이어의 끝을 녹임으로써 안정적인 아크를 생성합니다. 와이어 공급 시스템은 두 개의 모터에 의해 구동되어 두 개의 폴리브덴 와이어가 아크의 안정성을 유지하기 위해 동일한 속도로 스프레이 건에 공급되도록 합니다. 전원 공급 시스템은 DC 또는 AC 전원을 제공하여 아크의 강도와 지속 시간을 조절합니다. 공기 압축기는 용융된 폴리브덴 방울을 분무하고 기관에 분사하여 균일한 코팅을 형성하는 고압 기류를 생성합니다.

아크 스프레이 장치는 증착 효율이 높으며 교량 강철 구조물 또는 선박 구성 요소 보호와 같은 넓은 영역을 스프레이하는 데 적합합니다. 코팅 품질은 화염 분무와 플라즈마 분무 사이이며 비용이 저렴하여 산업 생산에 적합합니다. 현대의 아크 분무 장치는 자동 제어 시스템을 통합하여 분무 일관성과 생산성을 향상시킵니다.

6.3.4 고속 순산소 분무(HVOF) 장비

고속 순 산소 분무 (HVOF) 장비는 등유 또는 프로판과 같은 산소 및 연료의 고압 연소를 사용하여 폴리브덴 와이어를 녹여 매우 빠른 속도로 기관 표면에 분사하는 초음속 화염을 생성합니다. 이 장비에는 HVOF 스프레이 건, 연료 공급 시스템, 산소 공급 시스템 및 냉각 장치가 포함됩니다.

HVOF 스프레이 건은 연소실과 노즐 설계를 통해 연료와 산소의 혼합물을 점화하여 고온 및 고압의 화염 흐름을 형성합니다. 폴리브덴 와이어는 화염 흐름에 공급되어 빠르게 녹고 초음속으로 기관에 분사되어 조밀하고 다공성이 낮은 코팅을 형성합니다. 연료 및 산소 공급 시스템은 정밀한 흐름 제어를 통해 연소 효율과 화염 속도를 최적화합니다. 냉각 장치는 수냉식 시스템을 통해 고온 손상으로부터 렌스를 보호합니다.

HVOF 장비는 항공기 엔진 및 가스 터빈과 같은 고급 응용 분야에 적합한 높은 경도와 높은 접착력을 가진 폴리브덴 코팅을 생산할 수 있습니다. 고속 및 저온 특성은 코팅의 산화 및 열 응력을 줄이지만 장비 복잡성과 비용이 높습니다. 최신 HVOF 장비에는 디지털 제어 시스템과 온라인 모니터링 기능이 장착되어 있어 스프레이 매개변수를 실시간으로 조정하고 코팅 품질을 향상시킬 수 있습니다.

6.4 보조 및 후처리 장비

보조 및 후처리 장비는 최종 제품의 성능과 신뢰성을 보장하기 위해 스프레이

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

공정에서 기관 준비, 코팅 마감 및 품질 검사를 지원하는 데 사용됩니다. 이 섹션에서는 기관 전처리 장비, 코팅 후처리 장비, 인라인 검사 및 모니터링 장비에 대해 설명합니다.

6.4.1 기관 전처리 장비

기관 전처리 장비는 기관 표면을 청소 및 최적화하고 코팅 접착력을 향상시키는 데 사용됩니다. 여기에는 샌드 블라스팅 기계, 화학 세척 탱크 및 초음파 세척기가 포함됩니다.

샌드 블라스팅 기계는 알루미나 또는 탄화규소와 같은 연마재를 고속으로 분사하여 산화물과 오래된 코팅을 제거하여 기관 표면의 거칠기를 증가시킵니다. 현대의 연마 블라스팅 기계에는 연마 흐름과 스프레이 각도를 제어할 수 있는 자동 분사 시스템과 회수 장치가 장착되어 있어 처리 효율성과 환경 친화성을 향상시킬 수 있습니다. 화학 세척 수조는 알칼리성 또는 산성 용액을 사용하여 오일과 유기 오염 물질을 제거하며 세척액의 순도를 보장하기 위해 순환 여과 시스템을 갖추고 있습니다. 초음파 세척기는 고주파 음파를 사용하여 작은 기포를 만들어 기관 표면에서 마이크론 크기의 입자를 제거하며 복잡한 형상을 가진 부품에 적합합니다.

이러한 기계에는 기관 재료와 모양에 맞게 조정된 공정 매개변수가 필요합니다. 예를 들어, 알루미늄 합금 기관은 부드러운 블라스팅 및 세척 조건이 필요한 반면 스테인리스강 기관은 향상된 가공 강도를 견딜 수 있습니다. 전처리 장비의 시너지 효과는 분무 공정에 이상적인 기관 표면을 제공합니다.

6.4.2 코팅 후처리 장비

코팅 후처리 장비는 열처리로, 연마기 및 밀봉 처리 장치를 포함한 코팅의 성능을 최적화하는 데 사용됩니다. 열처리로는 진공 또는 보호 분위기로 가열되어 코팅의 잔류 응력을 제거하고 미세 구조를 개선합니다. 현대의 열처리로는 코팅의 균열을 방지하기 위해 온도 프로파일을 정밀하게 제어할 수 있는 다단계 가열 및 냉각 시스템을 갖추고 있습니다.

연마 기계에는 기계 연마 및 전기 화학 연마 장비가 포함됩니다. 기계 연마 기계는 연마재를 통해 코팅 표면을 연마하여 거칠기를 줄이고 마감을 개선합니다. 전기화학적 연마 장치는 전기분해로 코팅된 표면을 매끄럽게 하며 고정밀 응용 분야에 적합합니다. 썰 처리 장치는 코팅의 기공을 채우기 위해 유기/무기 썰란트를 분사하거나 함침시켜 내식성을 향상시킵니다. 이러한 장치는 코팅의 내구성과 기능을 크게 향상시킵니다.

6.4.3 온라인 탐지 및 모니터링 장비

레이저 두께 측정기, 열화상 카메라 및 초음파 검출기를 포함한 인라인 검사 및 모니터링 장비를 사용하여 코팅 공정 및 코팅 품질을 실시간으로 평가합니다. 레이저 두께 측정기는 비접촉 측정을 통해 코팅 두께와 균일성을 정확하게 검사합니다. 열화상 카메라는 기관과 코팅의 온도 분포를 모니터링하여 과열이나 불균일한 냉각을 방지합니다. 초음파 검출기는 품질을 보장하기 위해 코팅 내부의 기공이나 균열을

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

감지하는 데 사용됩니다.

이러한 장치는 데이터 수집 시스템과 통합되어 프로세스 파라미터 및 테스트 결과를 실시간으로 기록하여 품질 관리 및 프로세스 최적화를 위한 데이터 지원을 제공합니다. 최신 검사 장비는 또한 원격 모니터링을 지원하므로 작업자가 클라우드 기반 플랫폼을 통해 장비 상태를 분석하여 생산성과 신뢰성을 향상시킬 수 있습니다.

6.5 자동화 및 지능형 장비

자동화 및 지능형 장비는 로봇, 센서 및 인공지능 기술의 통합을 통해 효율적이고 정확한 생산을 달성함으로써 물리브텐 스프레이 와이어 생산 기술의 미래 방향을 나타냅니다. 이 섹션에서는 자동 스프레이 라인, 지능형 제어 및 데이터 수집 시스템, 로봇 스프레이 시스템에 대해 설명합니다.

6.5.1 자동 스프레이 생산 라인

자동화된 스프레이 라인은 스프레이 장비, 와이어 공급 시스템 및 컨베이어를 통합하여 기관 전처리에서 코팅 후처리까지 연속 생산을 달성합니다. 생산 라인에는 자동 제어 시스템이 장착되어 있으며, 이는 PLC (Programmable Logic Controller)를 통해 각 장비의 작업을 조정하여 공정 매개 변수의 안정성을 보장합니다. 컨베이어 벨트 또는 로봇 팔과 같은 컨베이어는 전처리 스테이션에서 스프레이 스테이션으로, 그리고 나서 후처리 스테이션으로 기관을 이동시켜 수동 개입을 줄입니다.

자동 스프레이 라인의 장점은 높은 효율성과 일관성입니다. 예를 들어, 자동차 부품 스프레이 라인은 코팅 품질 편차가 1% 미만인 수천 개의 피스톤 링을 연속적으로 처리할 수 있습니다. 생산 라인에는 또한 물리브텐 와이어 스프레이 폐기물을 줄이고 친환경 제조 요구 사항을 충족하기 위해 폐기물 재활용 시스템이 장착되어 있습니다.

6.5.2 지능형 제어 및 데이터 수집 시스템

SCADA(Intelligent Control and Data Acquisition System)는 센서와 IoT 기술을 사용하여 온도, 압력 및 와이어 공급 속도와 같은 스프레이 공정의 주요 매개변수를 실시간으로 모니터링합니다. 인공지능 알고리즘과 결합된 이러한 시스템은 프로세스 편차를 예측하고 매개변수를 자동으로 조정할 수 있습니다. 예를 들어, 머신 러닝 모델은 과거 데이터를 기반으로 스프레이 거리와 가스 유량을 최적화하여 코팅 품질을 개선할 수 있습니다.

또한 SCADA 시스템은 데이터 시각화 및 원격 관리를 지원하여 작업자가 모바일 장치를 통해 실시간 생산 상태를 볼 수 있도록 합니다. 클라우드 기반 데이터베이스는 여러 생산 라인의 운영 데이터를 통합하여 프로세스 최적화 및 장비 유지 관리를 지원합니다. 이 지능형 시스템은 생산 효율성과 제품 품질을 크게 개선하고 코팅 기술의 디지털 혁신을 주도합니다.

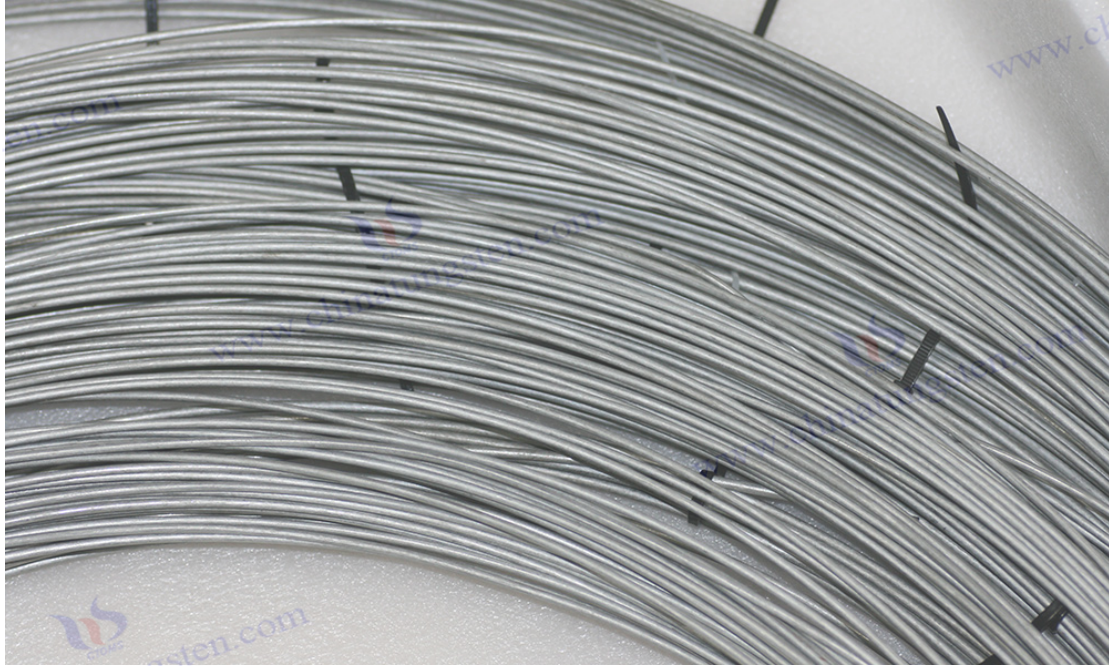
6.5.3 로봇 스프레이 시스템

로봇 코팅 시스템은 다축 산업용 로봇을 사용하여 복잡한 기관을 정밀하게 코팅합니다. 로봇에는 다양한 모양과 크기의 기관에 적응할 수 있는 시각적 인식 및 경로 계획 기술이 장착되어 있으며 총 각도와 이동 경로를 자동으로 조정할 수

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

있습니다. 스프레이 로봇은 온라인 검사 시스템과 통합되어 코팅 품질에 대한 실시간 피드백을 제공하고 코팅 매개변수를 동적으로 최적화합니다.

로봇 스프레이 시스템의 사용은 생산 유연성을 크게 향상시켰습니다. 예를 들어, 항공 우주 부문에서 로봇은 터빈 블레이드의 곡면에 대해 균일한 몰리브덴 코팅을 준비할 수 있습니다. 자동차 산업에서 로봇은 서로 다른 부품의 스프레이 프로그램 간에 빠르게 전환하여 사이클 시간을 단축할 수 있습니다. 이러한 시스템의 광범위한 적용은 지능과 유연성의 방향으로 몰리브덴 스프레이 와이어 생산의 개발을 촉진했습니다.



CTIA GROUP LTD 몰리브덴 스프레이 와이어

Chapter 7 몰리브덴 스프레이 와이어에 대한 국내외 표준

고성능 재료로서 몰리브덴 스프레이 와이어의 생산 및 적용은 제품 품질, 공정 일관성 및 적용 안전성을 보장하기 위해 엄격한 표준을 따라야 합니다. 국내외에서 몰리브덴 와이어 및 열 분사 재료에 대한 여러 표준이 공식화되었으며 원료, 가공 기술, 성능 테스트 및 응용 프로그램 사양을 다룹니다. 이 장에서는 몰리브덴 스프레이 와이어의 국내 표준, 국제 표준, 산업 표준 및 기업 사양에 대해 체계적으로 논의하고 이러한 표준의 차이점과 적용 가능성에 대한 심층 분석을 수행하여 생산자와 사용자에게 참고 자료를 제공합니다.

7.1 몰리브덴 스프레이 와이어에 대한 국내 표준

세계 최대의 몰리브덴 자원 생산자이자 소비자인 중국은 몰리브덴 스프레이 와이어의 생산, 테스트 및 적용에 대한 사양을 제공하는 몰리브덴 와이어 및 열 스프레이 재료와 관련된 일련의 국가 표준(GB/T)을 공식화했습니다. 이 표준은 중화 인민 공화국 표준화 관리국에서 발행했으며 국내 몰리브덴 가공 및 용사 산업에서 널리 사용됩니다. 이 섹션에서는 GB / T 4181-2017 "몰리브덴 와이어", GB / T 3462-2017

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

"몰리브덴 바 및 몰리브덴 블랭크", GB/T 4197-2011 "스프레이용 금속 와이어" 및 기타 관련 표준을 포함하여 몰리브덴 스프레이 와이어와 직접 관련된 국가 표준을 자세히 소개합니다.

7.1.1 GB/T 4181-2017 "몰리브덴 와이어" 및 관련 요구 사항

GB/T 4181-2017 "몰리브덴 와이어"는 중국의 몰리브덴 와이어의 제조 및 성능에 대한 국가 표준으로, 스프레이용 몰리브덴 와이어를 포함하여 다양한 목적의 몰리브덴 와이어에 적합합니다. 이 표준은 몰리브덴 스프레이 와이어 생산을 위한 기술적 기초를 제공하는 몰리브덴 와이어의 화학적 조성, 치수 공차, 기계적 특성, 표면 품질 및 테스트 방법을 자세히 지정합니다.

이 표준은 몰리브덴 와이어의 화학적 조성에 대한 매우 엄격한 요구 사항을 가지고 있으며 몰리브덴의 순도가 99.95% 이상에 도달해야 한다고 규정하고 철, 니켈, 탄소 및 산소와 같은 불순물의 함량을 제한합니다. 이러한 요구 사항은 몰리브덴 와이어가 분무 공정 중에 안정적인 용융 거동과 우수한 코팅 특성을 갖도록 합니다. 이 표준은 또한 일반적으로 0.02mm 에서 3.0mm 인 몰리브덴 와이어의 직경 범위와 허용 오차를 규정하고 있으며 스프레이용 몰리브덴 와이어는 다양한 스프레이 장비의 요구를 충족시키기 위해 대부분 1.0mm 에서 2.0mm 범위에 집중되어 있습니다.

기계적 성질 측면에서 이 표준은 몰리브덴 와이어가 와이어 드로잉 및 와이어 공급 중에 쉽게 끊어지지 않도록 적절한 인장 강도와 연성을 가질 것을 요구합니다. 표면 품질은 또 다른 핵심 기준이며, 분무용 몰리브덴 필라멘트는 분무 공정 중 액적 스패터를 줄이기 위해 매끄럽고 균열이 없고 산화물이 없는 표면을 가져야 합니다. 검사 방법에는 화학 분석(유도 결합 플라즈마 방출 분광법 사용), 치수 측정(고정밀 마이크로미터 또는 레이저 캘리퍼스 사용) 및 표면 검사(현미경 또는 육안 검사 사용)가 포함됩니다.

GB/T 4181-2017 은 항공 우주, 자동차 산업 및 전자 분야를 다루며 몰리브덴 스프레이 와이어의 표준화된 생산의 기초를 제공합니다. 이 표준은 또한 포장 및 운송 요구 사항을 강조하여 몰리브덴 와이어가 습기 또는 산화를 방지하기 위해 진공 밀봉 또는 불활성 가스 보호 포장이어야 한다고 규정합니다.

7.1.2 GB/T 3462-2017

GB/T 3462-2017 "몰리브덴 바 및 몰리브덴 빌렛"은 몰리브덴 와이어의 사전 제작 단계에서 원료에 대한 국가 표준으로, 분말 야금 공정으로 제조 된 몰리브덴 바 및 몰리브덴 빌렛에 적용 할 수 있습니다. 이러한 재료는 와이어 드로잉 공정의 시작점이며 품질은 몰리브덴 스프레이 와이어의 성능에 직접적인 영향을 미칩니다.

이 표준은 몰리브덴 바 및 몰리브덴 블랭크의 화학 조성, 크기, 밀도 및 표면 품질을 지정합니다. 화학 성분 요구 사항은 GB/T 4181-2017 과 일치하며 몰리브덴의 순도는 99.95%에 도달해야 하며 불순물 함량은 후속 공정의 안정성을 보장하기 위해 제한되어야 합니다. 크기 측면에서 이 표준은 일반적으로 직경이 5mm 에서 100mm 사이이고 길이가 사용자 요구에 맞는 광범위한 몰리브덴 바 및 블랭크를 다룹니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

밀도는 몰리브덴 빌렛의 중요한 지표이며, 이는 와이어 드로잉 과정에서 내부 결함이 없는지 확인하기 위해 이론적 밀도(10.2g/cm^3)에 가까워야 합니다.

표면 품질은 몰리브덴 바 및 몰리브덴 블랭크의 표면에 균열, 산화물 스케일 또는 개재물이 없어야 하며 마감 요구 사항은 마감 요구 사항을 충족하기 위해 회전하거나 연마해야 합니다. 검사 방법에는 초음파 결함 감지(내부 결함 확인), 화학 분석 및 미세 구조 관찰(입자 크기 및 균일성 평가)이 포함됩니다. 이 표준은 또한 몰리브덴 빌렛의 미세 구조를 최적화하기 위해 소결 및 단조 온도와 같은 열처리 공정 매개변수를 지정합니다.

몰리브덴 스프레이 와이어 생산을 위해 GB/T 3462-2017 은 몰리브덴 바 및 몰리브덴 블랭크가 와이어 드로잉 및 스프레이의 까다로운 요구 사항을 충족할 수 있도록 고품질 원료에 대한 사양을 제공합니다. 이 표준은 Jinduicheng 몰리브덴 및 뒱양 몰리브덴과 같은 국내 몰리브덴 가공 기업에서 널리 사용됩니다.

7.1.3 GB/톤 4197-2011

GB/T 4197-2011 "스프레이용 금속 와이어"는 몰리브덴 와이어를 포함한 다양한 금속 와이어 재료를 포함하는 중국의 열 스프레이용 금속 와이어에 대한 특별 표준입니다. 이 표준은 몰리브덴 스프레이 와이어의 성능, 사양 및 테스트에 대한 구체적인 지침을 제공하며 특히 화염 스프레이 및 아크 스프레이 공정에 적용할 수 있습니다.

이 표준은 화학 성분, 치수 공차, 표면 상태 및 스프레이용 몰리브덴 와이어의 포장 요구 사항을 지정합니다. 몰리브덴 와이어의 화학적 순도는 GB/T 4181-2017 의 요구 사항을 충족해야 하며 표면은 스프레이 과정에서 용융 방울의 균일성과 코팅 품질을 보장하기 위해 매끄럽고 오일이 없고 산화물이 없어야 합니다. 치수 공차 요구 사항은 엄격하며 분무용 몰리브덴 와이어의 직경 편차는 자동 와이어 공급 시스템의 요구 사항을 충족하기 위해 $\pm 0.02\text{mm}$ 이내로 제어해야 합니다.

성능 테스트 측면에서 이 표준은 몰리브덴 와이어의 인장 테스트, 표면 거칠기 테스트 및 분무 테스트를 요구합니다. 인장 시험은 와이어의 인장 강도와 연성을 평가하여 와이어 공급 중에 쉽게 끊어지지 않도록 합니다. 표면 거칠기 테스트는 와이어의 표면 마감이 스프레이 요구 사항을 충족하는지 확인하기 위해 프로파일로미터로 측정됩니다. 분무 시험은 ASTM C633 과 같은 국제적으로 인정되는 시험 방법을 기준으로 실제 분무 작업을 통해 코팅의 접착력, 다공성 및 균일성을 평가합니다.

GB/T 4197-2011 의 공식화는 중국에서 스프레이를 위한 금속 와이어 표준화의 격차를 메우고 자동차, 에너지 및 조선 분야에서 몰리브덴 스프레이 와이어의 적용을 위한 기술 지원을 제공합니다. 이 표준은 또한 환경 보호 요구 사항을 강조하여 친환경 제조 추세에 따라 생산 공정에서 폐가스 및 폐기물 배출을 줄여야 한다고 규정합니다.

7.1.4 기타 관련 국가 표준

위에서 언급한 핵심 표준 외에도 중국은 원료, 가공 기술 및 코팅 특성을 포괄하는

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

몰리브덴 스프레이 와이어의 생산 및 적용과 관련된 여러 국가 표준을 공식화했습니다. 예를 들어:

GB/T 15258-2009 "화학 분석 방법의 일반 원리": 유도 결합 플라즈마 방출 분광법(ICP-OES) 및 원자 흡수 분광법(AAS)을 포함하여 몰리브덴 와이어 및 코팅의 화학 조성 분석을 위한 일반적인 방법을 제공하여 불순물 함량의 정확한 검출을 보장합니다.

GB/T 4325-2013 "몰리브덴 및 몰리브덴 합금에 대한 화학 분석 방법": 특히 몰리브덴 재료의 경우 철, 니켈, 탄소, 산소 및 기타 원소의 분석 방법이 지정되어 몰리브덴 스프레이 와이어의 원료 및 완제품 감지를 위한 기술적 기반을 제공합니다.

GB/T 17733-2008 "용사 코팅에 대한 품질 요구 사항": 접착력, 경도, 다공성 및 내식성을 포함한 용사 코팅의 성능 요구 사항을 명시하고 몰리브덴 스프레이 와이어로 준비된 코팅에 적합합니다.

GB/T 14842-2007 "몰리브덴 및 몰리브덴 합금의 기계적 성질에 대한 시험 방법": 몰리브덴 와이어의 인장 강도, 연성 및 경도 테스트에 대한 사양을 제공하여 스프레이 공정의 기계적 특성 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.

함께, 이러한 표준은 몰리브덴 스프레이 와이어의 생산 및 적용을 위한 완전한 사양 시스템을 구성하며 원료에서 완제품에 이르는 모든 링크를 다룹니다. 국내 기업이 몰리브덴 스프레이 와이어를 생산할 때 일반적으로 다양한 산업 및 고객의 요구를 충족시키기 위해 동시에 여러 표준을 준수해야 합니다.

7.2 몰리브덴 스프레이 와이어에 대한 국제 표준

국제 표준은 주로 ASTM(American Society for Testing and Materials), ISO(International Organization for Standardization) 및 기타 기관에서 공식화한 몰리브덴 스프레이 와이어의 글로벌 무역 및 기술 교환을 위한 통일된 프레임워크를 제공합니다. 이 표준은 화학 성분, 성능 테스트 및 응용 프로그램 사양 측면에서 매우 권위가 있으며 유럽, 미국 및 아시아의 몰리브덴 가공 및 용사 산업에서 널리 사용됩니다. 이 섹션에서는 ASTM B387-18 몰리브덴 및 몰리브덴 합금 막대, 바 및 와이어, 열 스프레이 재료에 대한 ISO 20407 사양, 열 스프레이용 ISO 14919 와이어 및 기타 관련 국제 표준에 중점을 둡니다.

7.2.1 ASTM B387-18 몰리브덴 및 몰리브덴 합금 막대, 바 및 와이어

ASTM B387-18 은 몰리브덴 및 몰리브덴 합금 재료에 대한 미국 표준으로, 스프레이용 몰리브덴 와이어를 포함하여 막대, 스트립 및 와이어와 같은 다양한 형태의 몰리브덴 재료에 적합합니다. 이 표준은 ASTM International 에서 개발했으며 항공 우주, 전자 및 에너지 분야에서 널리 사용됩니다.

이 표준은 몰리브덴 와이어의 화학적 조성, 기계적 특성, 치수 공차 및 표면 품질을 지정합니다. 몰리브덴의 순도 요구 사항은 여러 등급으로 나뉘며, 최고 등급 (Type 361)은 99.97 %의 몰리브덴 함량을 필요로 하며 불순물 함량 (예 : 탄소, 산소, 철)은

저작권 및 법적 책임 선언문

엄격하게 제한됩니다. 분무용 몰리브덴 와이어는 일반적으로 코팅의 화학적 안정성과 성능을 보장하기 위해 고순도 등급으로 선택됩니다. 치수 공차는 몰리브덴 와이어의 직경 편차가 $\pm 0.01\text{mm}$ 이내로 제어되어야 하며 표면에는 균열, 산화물 또는 기타 결함이 없어야 합니다.

기계적 특성 시험에는 인장 강도, 연신율 및 경도가 포함되며 이 표준은 인장 시험(ASTM E8 참조) 및 경도 시험(ASTM E18 참조)과 같은 자세한 시험 방법을 제공합니다. 표면 품질 검사는 필라멘트가 열 용사의 높은 요구 사항에 적합한지 확인하기 위해 육안 및 현미경 관찰을 사용하여 수행됩니다. 이 표준은 또한 몰리브덴 와이어에 대한 포장 및 라벨링 요구 사항을 규정하고 있으며, 이는 방습 및 산화 방지 방식으로 포장되어야 하며 배치 번호, 사양 및 제조업체 정보로 표시되어야 합니다.

ASTM B387-18 은 고도로 국제화되어 있으며 많은 중국 기업이 스프레이 코팅된 몰리브덴 와이어를 수출할 때 이 표준을 준수해야 합니다. 이 표준의 고정밀 요구 사항은 터빈 블레이드 코팅 및 진공 코팅된 열선과 같은 항공 우주 및 반도체 산업의 응용 분야에 특히 적합합니다.

7.2.2 용사 재료에 대한 ISO 20407 사양

ISO 20407 은 국제표준화기구(International Organization for Standardization)에서 개발한 용사 재료에 대한 일반 사양으로, 몰리브덴 스프레이 와이어를 포함하여 와이어, 분말 및 막대와 같은 다양한 재료 형태를 다룹니다. 이 표준은 화염 분무, 플라즈마 분무 및 아크 분무와 같은 공정을 위한 열 분무 재료의 성능, 테스트 및 적용을 위한 프레임워크를 제공합니다.

이 표준은 몰리브덴 스프레이 와이어의 화학 성분, 크기 및 표면 상태에 대한 요구 사항을 설정합니다. 몰리브덴 와이어의 순도는 99.95% 이상에 도달해야 하며 표면은 스프레이 공정 중 안정성과 코팅 품질을 보장하기 위해 매끄럽고 오일이 없고 산화물이 없어야 합니다. 치수 공차 요구 사항은 ASTM B387-18 의 요구 사항과 유사하며 직경 편차는 $\pm 0.02\text{mm}$ 이내로 제어되어야 합니다. 이 표준은 또한 와이어의 포장 및 보관 조건을 지정하며, 이는 진공 밀봉 또는 환경 요인으로부터 보호되는 불활성 가스여야 합니다.

성능 테스트 측면에서 ISO 20407 은 화학 분석(분광학 사용), 표면 거칠기 테스트(ISO 4287 참조) 및 스프레이 성능 테스트를 포함한 다양한 테스트 방법을 제공합니다. 스프레이 성능 테스트는 ASTM C633(접착 테스트) 및 ISO 6507(경도 테스트)과 같은 국제적으로 인정되는 테스트 표준을 사용하여 코팅의 접착력, 다공성 및 미세 구조를 평가합니다. 이 표준은 또한 제조업체가 배치 간에 일관된 성능을 보장하기 위해 추적 가능한 기록을 수립하도록 요구하는 품질 관리 시스템을 강조합니다.

ISO 20407 의 다양성은 특히 유럽 및 아시아 시장의 글로벌 용사 산업에 적합합니다. 이 표준은 몰리브덴 스프레이 와이어의 국제 무역을 위한 기술적 기반을 제공하고 국경 간 협력 및 기술 교류를 촉진합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Spray Wire Introduction

1. Overview of Molybdenum Spray Wire

Molybdenum spray wire is a high-purity molybdenum metal wire that is melted and deposited onto a substrate surface through thermal spray techniques such as flame spraying, plasma spraying, arc spraying, or HVOF (High Velocity Oxy-Fuel). The resulting coating offers excellent resistance to wear, corrosion, and high temperatures. Due to its high melting point and superior performance, molybdenum wire is widely used across various industrial sectors.

2. Characteristics of Molybdenum Spray Wire

High Melting Point: Approximately 2623°C, suitable for high-temperature environments.

Excellent Corrosion Resistance: Resists attack from acids, alkalis, and chemical media.

High Hardness & Wear Resistance: Tough coating that withstands mechanical wear.

Low Friction Coefficient: Reduces component wear and improves efficiency.

Chemical Stability: Maintains performance in harsh environments.

High Thermal Conductivity: Effectively dissipates heat and extends component lifespan.

3. Typical Uses of Molybdenum Spray Wire

Aerospace: Turbine blades, engine parts, thermal barrier coatings.

Automotive Industry: Wear-resistant coatings for piston rings, engine blocks, and brake discs.

Chemical & Energy Sectors: Corrosion-resistant pipelines, heat exchangers, wind power equipment.

Electronics & Semiconductors: Vacuum deposition heating wires, semiconductor leads.

Medical Field: Corrosion-resistant coatings for implants and surgical instruments.

Others: Marine anti-corrosion, wear-resistant construction machinery, high-temperature furnaces.

4. Basic Data of Molybdenum Spray Wire from CTIA GROUP LTD

Purity	≥99.95%
Density	10.2 g/cm ³
Diameter Range	1.0-3.0 mm, customizable
Tensile Strength	Moderate to ensure stable wire feeding
Packaging	Customized Packaging

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.molybdenum.com.cn

7.2.3 용사용 ISO 14919 와이어

ISO 14919 는 용사용 와이어에 특정한 표준이며 몰리브덴 와이어를 포함한 광범위한 와이어 재료에 적용할 수 있습니다. 이 표준은 스프레이 와이어에 대한 사양, 특성 및 테스트 방법을 자세히 지정하고 화염 스프레이 및 아크 스프레이 프로세스에 대한 사양을 제공합니다.

표준은 몰리브덴 스프레이 와이어가 고순도 및 균일 한 화학 조성을 가지며 몰리브덴 함량이 99.95 %에 도달해야하며 불순물 함량을 엄격하게 제어해야 합니다. 치수 측면에서 이 표준은 ISO 286 에 따른 공차와 함께 일반적인 직경 범위(1.0mm - 3.2mm)를 지정합니다. 표면 품질은 와이어에 균열, 산화물, 윤활유 잔류물이 없어야 하며 마감 표준을 달성하기 위해 화학적으로 세척하거나 연마해야 합니다.

테스트 방법에는 인장 테스트(인장 강도 및 연성 평가), 표면 품질 검사(현미경 또는 프로파일러 사용) 및 스프레이 테스트(코팅 특성 평가)가 포함됩니다. 이 표준은 또한 재료 유형, 로트 번호 및 제조 날짜와 같은 자세한 식별 정보와 함께 와이어를 방습 및 산화 방지 방식으로 포장해야 하는 포장 및 배송 사양을 제공합니다.

ISO 14919 의 특수성은 용사 산업, 특히 자동차, 해양 및 에너지 부문의 코팅 응용 분야에서 중요한 참조 표준입니다. 이 표준은 ISO 20407 을 보완하며 함께 용사 재료 사양의 완전한 시스템을 형성합니다.

7.2.4 기타 국제 표준

위의 핵심 표준 외에도 몰리브덴 와이어의 코팅, 재료, 공정 및 코팅 특성을 포함하는 것과 관련된 여러 국제 표준이 있습니다. 예를 들어:

ASTM E8/E8M-21 "금속 재료에 대한 인장 시험 방법": ASTM B387-18 의 기계적 특성을 시험하는 데 적합한 몰리브덴 와이어의 인장 강도 및 연신율을 시험하기 위한 일반적인 방법을 제공합니다.

용사 코팅의 접착을 위한 ASTM C633-13 시험 방법: 몰리브덴 스프레이 와이어로 제조된 코팅의 품질을 평가하는 데 널리 사용되는 용사 코팅에 대한 접착 시험 방법을 지정합니다.

ISO 4287 표면 질감 매개변수: 몰리브덴 와이어 및 코팅의 표면 거칠기 측정을 위한 사양을 제공하여 와이어 및 코팅의 표면 품질이 코팅 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.

금속 재료에 대한 ISO 6507 비커스 경도 시험: 몰리브덴 코팅의 경도 시험 방법을 제공하며 코팅의 내마모성 및 기계적 특성을 평가하는 데 적합합니다.

이러한 표준은 몰리브덴 스프레이 와이어의 생산 및 적용에 대한 포괄적인 기술 지원을 제공하며, 이는 특히 국제 시장에서 매우 중요합니다. 많은 다국적 기업은 다양한 국가 및 산업의 요구 사항을 충족하기 위해 몰리브덴 스프레이 와이어를

저작권 및 법적 책임 선언문

생산할 때 여러 국제 표준을 준수해야 합니다.

7.3 몰리브덴 스프레이 와이어에 대한 산업 표준 및 기업 사양

국내 및 국제 표준 외에도 몰리브덴 스프레이 와이어의 생산 및 적용은 산업 표준 및 내부 기업 사양을 따라야 합니다. 이러한 사양은 특정 응용 프로그램 시나리오 또는 기술 요구 사항에 대한 보다 자세한 지침을 제공하기 위해 산업 협회 또는 선도 기업에서 개발하는 경우가 많습니다. 이 섹션에서는 비철금속에 대한 산업 표준, 용사 산업 표준 및 내부 품질 관리 관행에 대해 살펴봅니다.

7.3.1 비철금속 산업 표준

중국 비철금속 산업 협회(CNIA)는 몰리브덴 재료와 관련된 여러 산업 표준을 공식화하여 국가 표준의 결함을 보완했습니다. 이 표준은 비철금속 기술 경제 연구소(Institute of Nonferrous Metals Technology and Economics) 및 기타 기관에서 초안을 작성했으며 국내 몰리브덴 가공 기업에서 널리 사용됩니다.

YS / T 357-2014 "고순도 몰리브덴 및 몰리브덴 합금": 고순도 몰리브덴 와이어, 몰리브덴 바 및 기타 몰리브덴 합금 재료의 화학 성분, 특성 및 테스트 방법을 규정하여 몰리브덴 스프레이 와이어의 원료 및 반제품에 적합합니다. 이 표준은 몰리브덴의 순도가 99.99%일 것을 요구하므로 항공우주 및 반도체 산업의 응용 분야에 특히 적합합니다.

YS/T 616-2012 "몰리브덴 및 몰리브덴 합금 가공 제품에 대한 검사 방법": 초음파 결함 감지, 미세 구조 분석 및 경도 테스트를 포함하여 몰리브덴 와이어 및 몰리브덴 바의 크기, 표면 품질 및 기계적 특성에 대한 자세한 검사 방법을 제공합니다.

YS/T 358-2011 "몰리브덴 분말": 몰리브덴 분말의 입자 크기 분포, 화학 조성 및 물리적 특성을 규정하고 몰리브덴 스프레이 와이어의 원료 준비를 위한 사양을 제공합니다.

이러한 산업 표준은 몰리브덴 재료의 생산 및 가공에 대한 보다 구체적인 기술 요구 사항을 제공하여 GB/T 표준을 보완합니다. 이 표준은 업계의 실제 요구와 기술 수준을 반영하여 국내 주요 기업(예: Jinduicheng 몰리브덴 및 뤼양 몰리브덴)에서 공식화했습니다.

7.3.2 용사 산업 표준

CNTSG(China National Thermal Spray Group) 및 ASM TSS(American Thermal Spray Society)와 같은 기타 국제 기구에서 개발한 열 스프레이 산업 표준은 코팅 공정, 재료 및 코팅 성능에 대한 지침을 제공합니다.

JB/T 7702-2012 "용사에 대한 기술 사양": 중국 기계 산업 연맹에서 발행한 표준으로, 몰리브덴 스프레이 와이어 준비, 스프레이 매개변수 및 코팅 테스트를 포함하여 열 스프레이 공정에 대한 일반 요구 사항을 지정합니다. 이 표준은 화염 용사, 아크 용사 및 플라즈마 용사 공정에 적용됩니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

AWS C2.25/C2.25M: 2012 용사 재료 사양: AWS(American Welding Society)에서 개발한 표준으로, 몰리브덴 와이어를 포함한 스프레이용 와이어 및 분말을 다룹니다. 이 표준은 스프레이 재료의 성능 및 테스트에 대한 자세한 사양을 제공하며 북미 시장에 적용할 수 있습니다.

EN 15311 용사에 대한 품질 요구 사항: 몰리브덴 스프레이 와이어로 준비된 코팅에 대한 접착력, 다공성 및 표면 거칠기 테스트를 포함한 용사 코팅에 대한 품질 관리 방법을 지정하는 유럽 표준입니다.

이러한 산업 표준은 용사 공정의 특정 요구 사항에 대해 국가 표준보다 더 세분화된 기술 지침을 제공합니다. 이 표준은 업계 전문가와 회사가 개발했으며 용사 기술의 최신 동향을 반영합니다.

7.3.3 내부 품질 관리 사양

많은 주요 몰리브덴 가공 및 열 용사 회사는 특정 고객 또는 응용 분야의 요구 사항을 충족하기 위해 내부 품질 관리 사양을 개발했습니다. 이러한 사양은 종종 국가 및 산업 표준을 기반으로 하지만 더 엄격한 요구 사항 또는 맞춤형 테스트 방법을 추가합니다.

기업 사양의 강점은 유연성과 관련성뿐만 아니라 시장 변화와 고객 요구에 신속하게 대응할 수 있는 능력에 있습니다. 이러한 사양은 생산 공정의 규정 준수 및 지속 가능성을 보장하기 위해 ISO 9001(품질 관리 시스템) 및 ISO 14001(환경 관리 시스템)과 결합되는 경우가 많습니다.

7.4 몰리브덴 스프레이 와이어의 표준 비교 및 적용성 분석

국내외 표준 및 산업 사양은 몰리브덴 스프레이 와이어의 생산 및 적용에 대한 다단계 지침을 제공하지만 그 내용과 요구 사항에는 차이가 있습니다. 이러한 차이점을 이해하고 올바른 표준을 선택하는 것은 생산 프로세스를 최적화하고 시장 수요를 충족하는 데 필수적입니다. 이 섹션에서는 국내 표준과 외국 표준의 차이점을 분석하고 적용 시나리오 및 선택 기준에 대해 설명합니다.

7.4.1 국내외 규격의 차이

국내 표준과 외국 표준 사이에는 화학 성분, 성능 요구 사항, 테스트 방법 및 적용 범위 측면에서 다음과 같은 주요 차이점이 있습니다.

화학 성분: 국내 표준(예: GB/T 4181-2017)은 99.95%의 몰리브덴 와이어 순도를 요구하는 반면 국제 표준(예: ASTM B387-18)은 최대 99.97%의 다중 순도 등급을 제공합니다. 국제 표준은 특정 불순물(예: 산소, 질소)에 대해 더 엄격한 제한을 가지고 있으며 고정밀 응용 분야에 적합합니다.

치수 공차: 국제 표준(예: ISO 14919)은 더 엄격한 치수 공차를 요구하고 직경 편차는 $\pm 0.01\text{mm}$ 이내로 제어해야 하는 반면, 국내 표준(예: GB/T 4197-2011)은 $\pm 0.02\text{mm}$ 의 편차를 허용합니다. 이는 국제 시장에서 고정밀 전선에 대한 수요를 반영합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

테스트 방법: 국내 표준은 전통적인 스펙트럼 분석 및 기계적 테스트 방법의 사용을 선호하는 반면, 국제 표준(예: ASTM C633)은 SEM 분석 및 초음파 결함 탐상과 같은 더 높은 검출 정확도를 가진 고급 검출 기술을 도입합니다.

적용 범위: 국내 표준(예: GB/T 4197-2011)은 자동차 및 에너지 분야의 일반 응용 분야에 더 중점을 두는 반면, 국제 표준(예: ISO 20407)은 항공 우주 및 반도체와 같은 고급 분야를 다루며 코팅의 특수 특성을 강조합니다.

환경 요구 사항: 국내 표준은 최근 몇 년 동안 환경 보호 조항을 추가했으며(예: GB/T 4197-2011 은 배기 가스 배출 감소를 요구함), 국제 표준(예: ISO 20407)은 생산 공정의 지속 가능성을 강조하면서 녹색 제조 개념을 일찍이 통합했습니다.

이러한 차이는 국내 및 해외 시장의 서로 다른 요구와 기술 수준을 반영합니다. 국내 표준은 실용성과 비용 효율성에 더 많은 관심을 기울이고 대규모 산업 응용 분야에 적합합니다. 국제 표준은 고급 시장에 적합한 고정밀 및 고성능에 더 중점을 둡니다.

7.4.2 표준 응용 프로그램 시나리오 및 선택

적합한 몰리브덴 스프레이 와이어 표준의 선택은 적용 시나리오, 고객 요구 사항 및 시장 포지셔닝에 따라 종합적으로 고려되어야 합니다. 다음은 기본 응용 프로그램 시나리오에 권장되는 기준입니다.

항공우주: ASTM B387-18 및 ISO 20407 은 터빈 블레이드 및 열 차단 코팅과 같은 고성능 응용 분야의 고순도 및 코팅 특성에 대한 엄격한 요구 사항으로 인해 권장됩니다. 이는 Plansee 의 표준과 같은 내부 회사 사양으로 보완될 수도 있습니다.

자동차: GB/T 4197-2011 및 ISO 14919 는 피스톤 링, 배기 시스템 등과 같은 범용 코팅 응용 분야에 이상적입니다. 이러한 표준은 비용 효율적이고 검출 방법이 간단하며 대규모 생산에 적합합니다.

화학 및 에너지 산업: GB/T 17733-2008 및 AWS C2.25 는 부식 방지 파이프 및 열교환기 코팅에 권장됩니다. 이 표준은 코팅의 내식성과 내구성을 자세히 지정합니다.

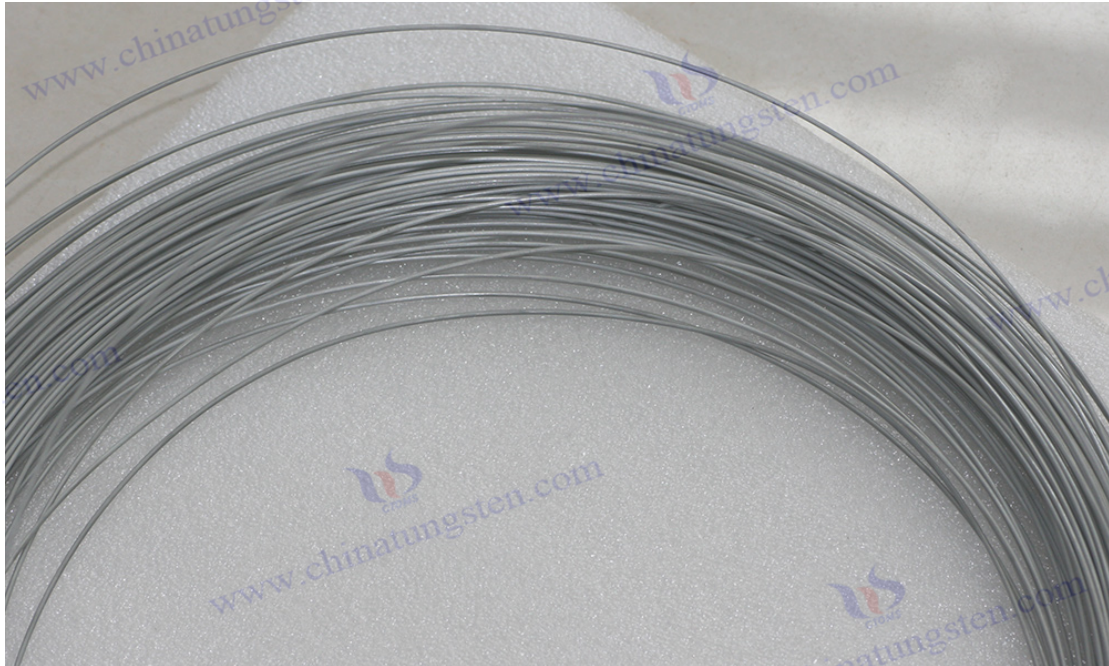
전자 및 반도체 산업: ASTM B387-18 및 YS/T 357-2014 는 진공 코팅 및 반도체 리드의 까다로운 요구 사항을 충족하기 위해 고순도 몰리브덴 와이어를 준비하는 데 적합합니다.

수출 시장: 고객 요구 사항 및 무역 규정 준수를 충족하기 위해 목표 시장의 국제 표준(예: ISO 14919, ASTM B387-18) 및 산업 표준(예: EN 15311)을 충족하는 것이 우선되어야 합니다.

실제로 기업은 여러 표준을 동시에 준수해야 하는 경우가 많습니다. 예를 들어, 항공 우주용 스프레이 코팅 몰리브덴 와이어를 수출하는 회사는 GB/T 4181-2017(국내 생산),

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

ASTM B387-18(국제 시장) 및 내부 사양(고객별 요구 사항)을 준수해야 할 수 있습니다. 표준화된 품질 관리 시스템을 구축함으로써 기업은 다양한 표준의 요구 사항에 유연하게 대응하고 시장 경쟁력을 향상시킬 수 있습니다.



CTIA GROUP LTD 몰리브덴 스프레이 와이어

Chapter 8 : 몰리브덴 스프레이 와이어의 테스트 및 품질 관리

몰리브덴 스프레이 와이어의 생산 및 적용은 매우 높은 품질 요구 사항을 가지고 있으며 그 성능은 코팅의 내구성, 접착력 및 서비스 수명에 직접적인 영향을 미칩니다. 테스트 및 품질 관리는 몰리브덴 스프레이 와이어와 그 코팅이 원료에서 완제품에 이르기까지 생산의 모든 단계를 포괄하는 업계 표준 및 고객 요구 사항을 충족하는지 확인하는 핵심 부분입니다. 이 장에서는 원료 테스트, 몰리브덴 와이어 품질 테스트, 스프레이 코팅 테스트, 테스트 기술 및 장비, 몰리브덴 스프레이 와이어의 품질 관리 시스템에 대해 체계적으로 논의하고 과학적 테스트 방법과 엄격한 관리 프로세스를 통해 고품질 생산을 달성하는 방법을 밝힙니다.

8.1 원료 테스트

원료의 품질은 몰리브덴 스프레이 와이어 생산, 특히 고순도 몰리브덴 분말의 화학 성분, 입자 크기 및 불순물 함량의 기초이며, 이는 후속 가공 및 코팅 성능에 직접적인 영향을 미칩니다. 원료 검사에는 몰리브덴 분말이 엄격한 표준을 충족하는지 확인하기 위해 고정밀 분석 방법이 필요합니다. 이 섹션에서는 화학 성분 분석, 입자 크기 및 형태 테스트, 몰리브덴 분말의 불순물 함량 테스트를 자세히 소개합니다.

8.1.1 몰리브덴 분말의 화학 성분 분석

몰리브덴 분말의 화학 성분은 품질의 핵심 지표이며, 이는 몰리브덴 와이어 및 코팅의 성능을 직접 결정합니다. 분무용 몰리브덴 분말은 일반적으로 몰리브덴

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

함량이 99.95% 이상에 도달해야 하며 철, 니켈, 탄소 및 산소와 같은 불순물의 함량을 엄격하게 제어하여 고온 분무 과정에서 부작용을 피하거나 코팅의 품질을 저하시켜야 합니다.

화학 조성 분석에는 유도 결합 플라즈마 발광 분석법(ICP-OES) 및 원자 흡수 분광법(AAS)을 사용했습니다. ICP-OES는 폴리브덴 분말 시료의 여기를 통해 철, 니켈, 실리콘 등의 금속 불순물을 검출하여 특성 스펙트럼을 생성하고 원소의 종류와 함량을 분석하는 데 적합하며, 고감도 및 다중 원소의 동시 분석이라는 장점이 있습니다. AAS는 원자에 의해 특정 파장의 빛을 흡수하여 단일 원소의 함량을 정확하게 측정하며, 일반적으로 폴리브덴 분말에서 미량의 탄소 또는 황을 검출하는 데 사용됩니다. 산소와 질소의 함량은 일반적으로 불활성 가스 용융에 의해 결정되며, 이는 샘플을 가열하고 방출된 가스를 분석하여 비금속 불순물의 함량을 정확하게 측정합니다.

분석 프로세스는 외부 오염을 방지하기 위해 깨끗한 환경에서 수행해야 합니다. 샘플 준비에는 산 용해 또는 용융이 포함되며, 폴리브덴 분말이 검출 가능한 용액으로 완전히 분해되도록 합니다. 테스트 결과를 표준(예: GB/T 4325-2013 "폴리브덴 및 폴리브덴 합금에 대한 화학 분석 방법")과 비교하여 분무용 폴리브덴 분말의 순도 요구 사항이 충족되도록 해야 합니다. 화학 성분 분석은 원료 수용뿐만 아니라 일관된 품질을 보장하기 위해 생산 공정 전반에 걸친 배치 테스트에도 사용됩니다.

8.1.2 폴리브덴 분말 입자 크기 및 형태 검출

폴리브덴 분말의 입자 크기와 형태는 압착, 소결 및 드로잉 과정에서 거동에 영향을 미치며, 이는 폴리브덴 스프레이 와이어 생산을 위한 중요한 제어 점입니다. 이상적인 폴리브덴 분말은 블랭크의 밀도와 와이어의 균일성을 보장하기 위해 균일한 입자 크기 분포와 규칙적인 입자 형태를 가져야 합니다.

입자 크기 감지는 주로 레이저 입자 크기 분석기를 사용하여 레이저 빔 산란을 통해 입자의 크기와 분포를 측정합니다. 이 장치를 사용하면 폴리브덴 분말(일반적으로 1-50 μ m)의 입자 크기 범위를 신속하게 분석하여 상세한 입자 크기 분포 곡선을 생성할 수 있습니다. 테스트 결과는 입자 크기 분포가 집중되고 크기가 크거나 미세한 입자가 없는지 확인하기 위해 표준(예: YS/T 358-2011 "폴리브덴 분말")을 충족해야 합니다. 입자가 너무 크면 소결 결합이 발생할 수 있으며, 입자가 너무 미세하면 유동성이 저하되고 압착 효율에 영향을 줄 수 있습니다.

지형 감지는 주사 전자 현미경(SEM)을 사용하여 폴리브덴 분말의 입자 형태와 표면 특성을 관찰합니다. SEM은 입자가 구형인지, 응집되어 있는지, 표면 결함이 있는지 여부를 식별하는 고해상도 현미경 이미지를 제공합니다. 구형 입자는 유동성과 벌크 밀도가 우수하여 분말 야금 공정에 적합합니다. 불규칙한 입자는 압착의 어려움을 증가시키고 블랭크의 품질에 영향을 줄 수 있습니다. SEM 검출은 종종 에너지 분광법(EDS)과 결합되어 입자 표면의 원소 분포를 분석하고 산화물 또는 불순물 오염의 존재 여부를 확인합니다.

입자 크기 및 형태 테스트는 정기적으로 수행되며, 폴리브덴 분말의 각 배치에 대한

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

참고 및 생산 전 검사를 포함합니다. 테스트 데이터는 원하는 몰리브덴 분말 특성을 얻기 위해 분쇄 또는 감소 매개변수를 조정하는 것과 같은 공정 최적화의 기초를 제공합니다.

8.1.3 불순물 함량 검출

불순물의 양은 몰리브덴 분말의 품질을 나타내는 핵심 지표이며, 미량의 불순물은 분무 과정에서 다공성이나 균열과 같은 코팅 결함을 유발할 수 있습니다. 불순물 검사는 금속 원소(예: 철, 니켈)뿐만 아니라 비금속 원소(예: 산소, 질소, 탄소, 황) 및 기타 미량 오염 물질에도 중점을 둡니다.

산소 함량 감지는 불활성 가스 용융 방법을 사용하여 적외선 흡수 또는 열전도율로 산소 함량을 정확하게 측정하여 방출된 산소를 감지합니다. 산소는 몰리브덴 분말에서 가장 흔한 불순물이며 산소 함량이 너무 높으면 몰리브덴 와이어가 고온에서 산화되어 코팅 성능이 저하될 수 있습니다. 질소와 탄소는 샘플을 연소시키고 결과 가스를 분석하여 유사하게 검출되며, 이는 가스 크로마토그래피 또는 적외선 분광법으로 결정됩니다. 황 수치는 일반적으로 화학 분석 또는 분광학으로 측정하여 표준 한계 미만인지 확인합니다.

금속 불순물 검출은 주로 ICP-OES 또는 X 선 형광 분석(XRF)에 의존합니다. XRF 는 시료에서 방출되는 특징적인 X 선으로 원소 조성을 분석하는 비파괴 검출 방법으로 철, 니켈, 구리 등과 같은 불순물의 신속한 스크리닝에 적합합니다. ICP-OES 는 더 높은 정밀도를 제공하며 미량 불순물의 정밀 분석에 적합합니다. 테스트 프로세스에서는 결과의 정확성을 보장하기 위해 고순도 표준의 교정이 필요합니다.

불순물 테스트에는 엄격한 샘플링 및 분석 프로세스가 필요하며, 몰리브덴 분말의 각 배치는 대표성을 보장하기 위해 여러 위치에서 샘플링됩니다. 테스트 결과를 표준(예: ASTM B387-18 또는 GB/T 4325-2013)과 비교하며, 원료 품질을 보장하기 위해 부적합 배치를 재정제하거나 폐기해야 합니다.

8.2 몰리브덴 와이어의 품질 검사

몰리브덴 와이어는 스프레이 공정의 핵심 재료이며 치수 정확도, 표면 품질 및 기계적 특성은 스프레이 공정의 안정성과 코팅 품질에 직접적인 영향을 미칩니다. 몰리브덴 와이어의 품질 검사는 와이어가 표준 요구 사항을 충족하는지 확인하기 위해 생산 및 배송의 모든 링크를 포괄해야 합니다. 이 섹션에서는 치수 정확도 및 허용 오차 측정, 표면 결함 및 거칠기 검사, 기계적 특성 테스트에 대해 설명합니다.

8.2.1 치수 정확도 및 공차 측정

몰리브덴 와이어의 치수 정확도는 품질, 특히 직경의 균일성과 허용 오차의 중요한 지표이며, 이는 와이어 공급 시스템의 안정성과 용융 방울의 형성에 직접적인 영향을 미칩니다. 분무용 몰리브덴 와이어의 직경은 일반적으로 1.0mm 에서 3.0mm 이며 허용 오차는 표준(예: GB/T 4181-2017 또는 ISO 14919)에 따라 $\pm 0.02\text{mm}$ 이내로 제어해야 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

치수 측정은 주로 레이저 캘리퍼와 고정밀 마이크로미터를 사용합니다. 레이저 캘리퍼는 비접촉식 레이저 스캐닝을 통해 폴리브텐 와이어의 직경을 실시간으로 측정하여 고정밀 연속 데이터를 제공하며 인라인 검사에 적합합니다. 이 장치는 직경의 작은 변동을 감지하고 도면 과정에서 발생할 수 있는 결함을 식별할 수 있습니다. 마이크로미터는 오프라인 검사에 사용되며, 균일한 직경을 보장하기 위해 여러 단면을 수동으로 측정합니다. 측정 프로세스는 온도 변화로 인한 오류를 방지하기 위해 일정한 온도 환경에서 수행해야 합니다.

공차 검사는 폴리브텐 와이어의 전체 롤을 다루고, 측정을 위해 여러 섹션을 무작위로 선택하고, 최대 및 최소 직경 값을 기록해야 합니다. 테스트 결과를 표준과 비교하여 와이어가 스프레이 장비의 정확도 요구 사항을 충족하는지 확인합니다. 올바른 크기가 아닌 폴리브텐 와이어는 와이어 공급이 불안정하거나 코팅 두께가 고르지 않아 재작업 또는 폐기가 필요할 수 있습니다.

8.2.2 표면 결함 및 거칠기 감지

폴리브텐 와이어의 표면 품질은 스프레이 효과에 매우 중요하며 균열, 산화물 또는 윤활유 잔류물로 인해 물방울이 튀거나 코팅 결함이 발생할 수 있습니다. 표면 결함 및 거칠기 감지는 폴리브텐 와이어 품질 관리의 초점으로, 와이어가 매끄럽고 흠잡을 데 없는 표면을 갖도록 합니다.

표면 결함 검사는 육안 검사와 현미경 관찰을 사용합니다. 육안 검사는 눈에 보이는 균열, 긁힘 또는 산화물 스케일을 신속하게 스크리닝하는 데 사용되며 일반적으로 밝은 조명 아래에서 수행됩니다. 현미경 관찰은 더 높은 해상도의 이미지를 제공하며 미크론 범위의 끈 자국 또는 미세 균열과 같은 표면 결함을 감지할 수 있습니다. 또한 최신 검사 장비는 결함 위치를 자동으로 식별하고 기록할 수 있는 디지털 이미징 시스템을 통합하여 검사 효율성을 향상시킵니다.

표면 거칠기는 프로파일로미터 또는 원자력 현미경(AFM)을 사용하여 검사합니다. 프로파일로미터는 접촉식 프로브로 표면 프로파일을 측정하고 거칠기 매개변수(예: Ra, Rz)를 생성하여 폴리브텐 와이어의 표면 거칠기가 표준(예: ISO 4287)을 준수하는지 확인합니다. AFM은 필라멘트 표면의 미세한 질감을 검사하기 위한 고정밀 응용 분야에 나노미터 해상도를 제공합니다. 분무용 폴리브텐 와이어의 거칠기는 일반적으로 분무 공정 중 마찰과 스패터를 줄이기 위해 $0.2\mu\text{m}$ Ra 미만이어야 합니다.

표면 검사는 폴리브텐 와이어의 각 배치에 대한 무작위 샘플을 다루어야 하며, 온라인 모니터링 시스템과 결합하여 도면 및 연마 공정의 품질을 실시간으로 확인해야 합니다. 결함이 심하게 있는 전선은 코팅 요구 사항을 충족하는지 확인하기 위해 다시 청소하거나 연마해야 합니다.

8.2.3 기계적 물성 시험(인장 강도, 경도 등)

인장 강도, 연성 및 경도를 포함한 폴리브텐 와이어의 기계적 특성은 인발 및 분무 중 안정성의 핵심입니다. 기계적 특성 테스트는 와이어가 응용 프로그램의 요구 사항을 충족하기 위해 가공 및 와이어 공급의 능력을 견딜 수 있는지 확인합니다.

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

인장 강도 및 연성은 ASTM E8 또는 GB/T 14842-2007 과 같은 표준에 따라 범용 인장 시험기를 사용하여 시험합니다. 테스트하는 동안 폴리브덴 와이어 샘플은 파손되기 전에 최대 인장력과 연신율을 기록하기 위해 천천히 늘어납니다. 인장 강도는 와이어의 하중 지지 능력을 반영하고 연성은 소성 변형 능력을 반영합니다. 분무용 폴리브덴 와이어는 일반적으로 와이어 공급 중 파손을 방지하기 위해 적당한 인장 강도가 필요하며 동시에 도면 및 어닐링 공정에 적응할 수 있는 특정 연성을 가지고 있습니다.

경도 시험은 ISO 6507 또는 ASTM E18 과 같은 표준에 따라 비커스 또는 로크웰 경도 시험기를 사용하여 수행됩니다. 비커스 경도 시험은 다이아몬드 압자를 사용하여 폴리브덴 와이어 표면에 작은 하중을 가하고 압흔 크기를 측정하며 경도 값을 계산합니다. 로크웰 경도 시험은 더 거친 와이어에 적용되며, 여기서 압흔 깊이는 강철 공 또는 다이아몬드 압자를 사용하여 측정됩니다. 경도 시험은 폴리브덴 와이어의 내마모성과 가공성을 반영할 수 있으며 스프레이용 폴리브덴 와이어의 경도는 강도와 인성의 균형을 맞추기 위해 적당해야 합니다.

기계적 특성 테스트에는 결과가 표준의 요구 사항을 충족하는지 확인하기 위해 폴리브덴 와이어의 각 배치를 샘플링해야 합니다. 테스트 데이터는 이상적인 특성 조합을 얻기 위해 어닐링 온도 또는 인발 속도 조정과 같은 프로세스 최적화의 기초를 제공합니다.

8.3 스프레이 코팅 검사

스프레이 코팅의 품질은 폴리브덴 스프레이 와이어 적용의 핵심이며, 이는 부품의 내구성과 성능에 직접적인 영향을 미칩니다. 코팅 검사는 두께, 접착력, 미세 구조 및 부식, 온도 및 열 충격에 대한 내성을 평가하여 코팅이 설계 요구 사항을 충족하는지 확인합니다. 이러한 분석은 이 섹션에서 자세히 살펴봅니다.

8.3.1 코팅 두께 및 균일성 측정

코팅 두께는 보호 성능에 영향을 미치는 중요한 매개변수이며, 너무 얇으면 보호가 불충분할 수 있으며 너무 두꺼우면 응력이나 비용이 증가할 수 있습니다. 폴리브덴 스프레이 와이어로 제조된 코팅의 두께는 일반적으로 50-500μm 이며 국부적 약점을 피하기 위해 균일성을 보장해야 합니다.

두께 측정은 주로 초음파 두께 측정기와 레이저 두께 측정기를 사용합니다. 초음파 두께 측정기는 코팅과 기판 사이의 계면에서 음파를 반사하여 코팅의 두께를 계산하므로 비파괴 검사에 적합합니다. 레이저 두께 측정기는 레이저 스캔으로 코팅 표면과 기판 사이의 거리를 측정하여 복잡한 형상을 가진 부품에 대해 매우 정확한 두께 분포 데이터를 제공합니다. 금속 현미경을 사용하여 오프라인 검사를 수행하여 단면을 관찰하기 위해 샘플을 절단하여 코팅의 두께를 정확하게 측정할 수도 있습니다.

균일성 평가에는 코팅 표면의 여러 영역을 측정하고, 두께의 최대값과 최소값을 기록하고, 편차율을 계산하는 작업이 포함됩니다. 테스트 결과는 표준(예: GB/T 17733-

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

2008 또는 ASTM C633)을 준수해야 하며, 두께가 고르지 않은 코팅은 스프레이 거리 또는 와이어 공급 속도 조정과 같은 스프레이 매개변수에 맞게 최적화해야 합니다.

8.3.2 코팅 접착력 시험

접착력은 기판에 대한 코팅의 접착 강도를 나타내는 핵심 지표이며 작동 중 코팅의 내구성을 결정합니다. 물리브덴 스프레이 와이어로 준비된 코팅은 기계적 충격과 열 응력에 저항하기 위해 높은 접착력을 가져야 합니다.

접착력 테스트는 주로 표준(예: ASTM C633)을 참조하여 인장 테스트 방법을 사용하여 수행됩니다. 테스트 중에 코팅 샘플은 두 개의 고정 장치 사이에 접착되고 스트레칭 기계에 의해 점진적으로 증가하는 장력이 적용되어 코팅이 벗겨질 때 최대 힘을 기록합니다. 접착 값은 MPa 로 표시되며 스프레이 물리브덴 코팅은 일반적으로 응용 분야에 따라 30-50MPa 의 접착력이 필요합니다.

또 다른 방법은 스크래치 테스트로, 코팅이 벗겨지는 임계점을 관찰하기 위해 다이아몬드 스크라이빙 바늘로 코팅 표면에 증가하는 하중을 가합니다. 스크래치 테스트는 국부 응력 하에서 코팅의 접착력을 평가하는 데 적합하며 정확도를 향상시키기 위해 음향 방출 감지와 결합할 수 있습니다. 접착력이 좋지 않은 코팅은 기판 전처리 또는 분무 공정, 최적화된 블라스팅 또는 매개변수 설정을 확인해야 합니다.

8.3.3 코팅 미세 구조 및 다공성 분석

코팅의 미세 구조와 다공성은 기계적 특성과 내식성에 직접적인 영향을 미칩니다. 스프레이 물리브덴 코팅은 우수한 보호를 보장하기 위해 조밀한 미세 구조와 낮은 다공성을 가져야 합니다.

미세 구조 분석은 주사 전자 현미경(SEM)과 광학 현미경을 사용합니다. SEM 은 코팅의 입자 크기, 계면 접합 및 결함 분포를 시각화하기 위해 고해상도 단면 이미지를 제공합니다. 광학 현미경은 넓은 영역의 코팅 구조를 신속하게 분석하고 균열 또는 용융되지 않은 입자를 식별하는 데 적합합니다. 검사 과정에서 단면이 명확한지 확인하기 위해 절단, 장착 및 연마하여 샘플을 준비합니다.

다공성 분석은 이미지 분석 또는 밀도 측정으로 수행됩니다. 이미지 분석은 SEM 또는 광학 현미경 이미지를 사용하여 코팅의 단면적에 대한 다공성의 비율을 계산하며 분무된 물리브덴 코팅의 다공성은 일반적으로 5% 미만입니다. 밀도 측정 방법은 아르키메데스 원리를 사용하여 코팅의 실제 밀도를 이론적 밀도와 비교하고 다공성을 간접적으로 계산합니다. 다공성이 너무 높은 코팅은 스프레이 속도 증가 또는 HVOF 기술과 같은 최적화된 스프레이 공정이 필요합니다.

8.3.4 내식성 및 고온 저항 시험

스프레이 물리브덴 코팅의 내식성 및 고온 저항성은 열악한 환경에서 핵심 지표이며 항공 우주, 화학 및 에너지 분야에서 널리 사용됩니다. 부식 및 고온 테스트는 코팅의 장기적인 안정성을 평가하기 위해 실제 사용 조건을 시뮬레이션합니다.

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Spray Wire Introduction

1. Overview of Molybdenum Spray Wire

Molybdenum spray wire is a high-purity molybdenum metal wire that is melted and deposited onto a substrate surface through thermal spray techniques such as flame spraying, plasma spraying, arc spraying, or HVOF (High Velocity Oxy-Fuel). The resulting coating offers excellent resistance to wear, corrosion, and high temperatures. Due to its high melting point and superior performance, molybdenum wire is widely used across various industrial sectors.

2. Characteristics of Molybdenum Spray Wire

High Melting Point: Approximately 2623°C, suitable for high-temperature environments.

Excellent Corrosion Resistance: Resists attack from acids, alkalis, and chemical media.

High Hardness & Wear Resistance: Tough coating that withstands mechanical wear.

Low Friction Coefficient: Reduces component wear and improves efficiency.

Chemical Stability: Maintains performance in harsh environments.

High Thermal Conductivity: Effectively dissipates heat and extends component lifespan.

3. Typical Uses of Molybdenum Spray Wire

Aerospace: Turbine blades, engine parts, thermal barrier coatings.

Automotive Industry: Wear-resistant coatings for piston rings, engine blocks, and brake discs.

Chemical & Energy Sectors: Corrosion-resistant pipelines, heat exchangers, wind power equipment.

Electronics & Semiconductors: Vacuum deposition heating wires, semiconductor leads.

Medical Field: Corrosion-resistant coatings for implants and surgical instruments.

Others: Marine anti-corrosion, wear-resistant construction machinery, high-temperature furnaces.

4. Basic Data of Molybdenum Spray Wire from CTIA GROUP LTD

Purity	≥99.95%
Density	10.2 g/cm ³
Diameter Range	1.0-3.0 mm, customizable
Tensile Strength	Moderate to ensure stable wire feeding
Packaging	Customized Packaging

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.molybdenum.com.cn

내식성 시험은 염수 분무 시험과 침수 시험을 채택합니다. 염수 분무 시험(ASTM B117)은 코팅된 샘플을 염수 분무 챔버에 넣고 고농도의 염화나트륨 미스트에 노출시켜 부식 반점의 출현 시간을 관찰합니다. 침지 테스트에는 산성 또는 알칼리성 용액(예: 황산 또는 수산화나트륨)에 샘플을 담그고 코팅의 품질 손실이나 표면 변화를 주기적으로 확인하는 작업이 포함됩니다. 몰리브덴 코팅의 화학적 불활성은 광범위한 부식성 매체에서 우수하지만 부식에 대한 다공성의 영향에 특별한주의를 기울여야 합니다.

고온 저항 시험은 고온 산화 시험과 열 순환 시험에 의해 수행됩니다. 고온 산화 테스트는 코팅 샘플을 고온의 용광로(예: 1000°C)에 넣고 공기 또는 산소에 노출시켜 산화 중량 증가 또는 코팅 손실을 측정합니다. 열 순환 테스트는 고온 환경과 저온 환경을 번갈아 시뮬레이션하고 급속 가열 및 냉각을 사용하여 코팅의 열 충격 저항을 평가합니다. 코팅이 응용 분야 요구 사항을 충족하는지 확인하기 위해 테스트 결과를 표준(예: ISO 20407)과 비교해야 합니다.

8.3.5 코팅의 열충격 성능 시험

열 충격 성능은 고온 사이클링 환경, 특히 항공기 엔진 및 가스 터빈에서 분무된 몰리브덴 코팅의 중요한 지표입니다. 열충격 테스트는 급격한 온도 변화에서 균열 및 갈라짐에 대한 코팅의 내성을 평가합니다.

열충격 시험은 일반적으로 물 담금질 방법 또는 열풍 순환 방법을 사용하여 수행됩니다. 물 담금질 방법에서는 고온(예: 800°C)으로 가열된 코팅 시료를 찬물에 빠르게 담그고 여러 번 반복하여 균열 또는 갈라짐을 관찰합니다. 열풍 순환 방법은 열고로 및 냉각 시스템을 통해 보다 사실적인 열 순환 환경을 시뮬레이션하고 코팅의 고장 주기 수를 기록합니다. 테스트 중에 감지 정확도를 향상시키기 위해 음향 방출 또는 적외선 이미징과 함께 균열 형성을 모니터링할 수 있습니다.

열충격 특성이 좋지 않은 코팅은 열팽창 불일치를 줄이기 위해 구배 코팅 또는 열처리와 같은 미세 구조의 최적화가 필요합니다. 테스트 결과는 코팅 설계 및 공정 개선의 기초를 제공하여 극한 환경에서 신뢰성을 보장합니다.

8.4 테스트 기술 및 장비

첨단 검사 기술 및 장비는 몰리브덴 스프레이 와이어 품질 관리의 핵심으로, 고정밀, 비파괴 및 실시간 분석 기능을 제공합니다. 이 섹션에서는 X 선 형광 분석(XRF), 주사 전자 현미경(SEM) 및 에너지 분산 분광 분석(EDS), 경도 시험기, 초음파 테스트 및 레이저 두께 측정기 및 기타 첨단 기술을 포함하여 일반적으로 사용되는 검사 기술 및 장비에 대해 설명합니다.

8.4.1 X 선 형광 분석(XRF)

X 선 형광 분석(XRF)은 몰리브덴 분말, 몰리브덴 와이어 및 코팅의 화학적 조성을 신속하게 분석하는 데 사용되는 비파괴 검사 기술입니다. XRF 장비는 X 선을 방출하여 샘플 원자를 여기시키고, X 선이 방출하는 특징적인 형광을 기록하고, 원소의 유형과 함량을 분석합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

XRF의 장점은 속도와 다중 원소 분석 기능으로, 몰리브덴 분말에서 철, 니켈 및 구리와 같은 불순물을 검출하고 코팅의 원소 분포를 감지하는 데 적합합니다. 휴대용 XRF 장비는 현장 테스트를 용이하게 하고 벤치탑 장비는 실험실 분석을 위한 더 높은 정확도를 제공합니다. 테스트 프로세스에서는 결과의 정확성을 보장하기 위해 표준 샘플의 보정이 필요합니다. XRF는 몰리브덴 스프레이 와이어 생산에 널리 사용되며 GB/T 15258-2009와 같은 표준 요구 사항을 충족합니다.

8.4.2 주사전자현미경(SEM) 및 에너지 분산 분산형 분석(EDS)

주사 전자 현미경(SEM)은 미세 구조 분석을 위한 핵심 장비로, 전자빔으로 샘플 표면을 스캔하여 고해상도 이미지를 생성합니다. SEM은 몰리브덴 분말의 지형, 몰리브덴 와이어의 표면 결함 및 코팅의 단면 구조를 검사하는 데 널리 사용되며 입자 크기, 다공성 및 균열과 같은 특성을 식별할 수 있습니다.

분광법(EDS)은 SEM과 결합되어 샘플에서 방출되는 특징적인 X 선을 감지하여 원소의 분포와 함량을 분석합니다. EDS는 몰리브덴 분말의 불순물 분포, 몰리브덴 와이어 표면의 산화물 또는 코팅 계면의 원소 확산 분포를 확인하는 데 적합합니다. SEM/EDS 테스트는 고진공 환경에서 수행되며, 시료는 충전 효과를 피하기 위해 전기 전도성(예: 탄소 또는 금 도금)이어야 합니다.

SEM/EDS가 제공하는 고분해능 및 원소 분석 기능은 ASTM E1508과 같은 표준에서 요구하는 몰리브덴 스프레이 와이어의 품질 관리에 필수적인 도구입니다.

8.4.3 경도 검사자 (Vickers, Rockwell)

경도 시험기는 몰리브덴 와이어 및 코팅의 기계적 특성을 평가하고 내마모성과 강도를 반영하는 데 사용됩니다. 비커스 경도 시험기는 다이아몬드 압자를 통해 작은 하중을 가하여 압흔 크기를 측정하며 미세 몰리브덴 와이어 및 얇은 코팅을 검사하는 데 적합합니다. 로크웰 경도 시험기는 강구 또는 다이아몬드 압자를 통해 압흔 깊이를 측정하며 더 거친 와이어 또는 두꺼운 코팅에 적합합니다.

경도 시험은 하중 및 압흔 측정의 정확성을 보장하기 위해 ISO 6507 또는 ASTM E18과 같은 표준에 따라 수행됩니다. 테스트 결과는 공정 최적화의 기초를 제공합니다(예: 원하는 경도 값을 달성하기 위해 소결 또는 분무 매개변수 조정). 경도 시험기는 작동하기 쉽고 생산 현장 및 실험실에서 널리 사용됩니다.

8.4.4 초음파 테스트 및 레이저 두께 게이지

초음파 검사와 레이저 두께 측정기는 코팅 품질 검사, 내부 결함 및 표면 두께 평가를 위한 중요한 도구입니다. 초음파 검출기는 코팅과 기판 사이의 계면에서 음파의 반사를 통해 다공성, 균열 또는 벗겨짐을 감지하여 비파괴 검사에 적합합니다. 장비는 음속과 반사 신호의 정확성을 보장하기 위해 표준 샘플을 보정해야 합니다.

레이저 두께 측정기는 레이저 스캔을 통해 코팅 두께를 측정하여 복잡한 형상을 가진 부품에 대한 고정밀 비접촉 검사를 제공합니다. 이 기계는 두께 맵을 생성하고, 불균일한 영역을 식별하고, 코팅 공정을 최적화할 수 있습니다. 초음파 테스트와

저작권 및 법적 책임 선언문

레이저 두께 측정기의 조합은 ASTM C633 과 같은 표준에 따라 코팅 품질에 대한 포괄적인 평가를 제공합니다.

8.4.5 기타 고급 탐지 기술

위에서 언급한 장비 외에도 물리브덴 스프레이 와이어의 감지는 감지 정확도와 효율성을 향상시키기 위해 다양한 첨단 기술을 채택합니다. 예를 들어:

X 선 회절(XRD): 물리브덴 분말, 물리브덴 와이어 및 코팅의 결정 구조를 분석하고 상 조성 및 응력 상태를 식별하는 데 사용되며 코팅의 고온 성능을 연구하는 데 적합합니다.

적외선 서모그래피: 기관의 과열 또는 고르지 않은 코팅을 방지하기 위해 분무 공정 중 온도 분포를 실시간으로 모니터링하는 데 사용됩니다.

Acoustic Emission Detection: 열 충격 또는 기계적 응력 하에서 미세 균열 음향 신호를 모니터링하여 코팅의 내구성을 평가합니다.

원자력 현미경(Atomic Force Microscopy, AFM): 물리브덴 와이어 및 코팅의 고정밀 검사를 위한 나노미터 규모의 표면 형상 및 거칠기 분석을 제공합니다.

이러한 기술은 다양한 응용 시나리오의 요구 사항을 충족하기 위해 기존 방법과 결합된 물리브덴 스프레이 와이어의 품질 관리를 위한 다양한 수단을 제공합니다.

8.5 품질 경영 시스템

품질 관리 시스템은 물리브덴 스프레이 와이어 생산의 핵심으로 테스트 결과의 신뢰성과 생산 공정의 제어 가능성을 보장합니다. 표준화된 관리 프로세스를 구축함으로써 기업은 품질과 고객 만족도를 지속적으로 개선할 수 있습니다. 이 섹션에서는 ISO 9001 품질 인증, 검사, 보고 및 추적성, 품질 결함 분석 및 개선에 대해 살펴봅니다.

8.5.1 ISO 9001 품질인증

ISO 9001 은 코팅된 물리브덴 와이어 생산을 위한 규범적 프레임워크를 제공하는 국제적으로 인정된 품질 관리 시스템 표준입니다. 이 표준은 기업이 원자재 조달, 생산 공정, 테스트 및 애프터 서비스를 포괄하는 포괄적인 품질 관리 프로세스를 구축하도록 요구합니다. ISO 9001 은 고객 중심을 강조하고 지속적인 개선을 통해 제품 품질과 효율성을 개선합니다.

코팅된 물리브덴 와이어 생산에서 ISO 9001 은 각 링크의 책임과 표준을 명확히 하는 세부 운영 절차(SOP)의 개발을 요구합니다. 예를 들어, 물리브덴 분말의 화학 조성은 표준화된 샘플링 및 분석 절차에 따라 테스트되며 스프레이 코팅의 접착 테스트는 모든 매개변수와 결과를 문서화해야 합니다. 이 표준은 또한 잠재적인 문제를 식별하고 개선 사항을 개발하기 위해 정기적인 내부 감사 및 관리 검토를 요구합니다. ISO 9001 인증을 받은 기업은 시장에서의 경쟁력을 높이고 항공우주 및 자동차와

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

같은 산업의 엄격한 요구 사항을 충족할 수 있습니다. 인증 프로세스는 경영진의 객관성과 규정 준수를 보장하기 위해 제 3 자 조직에서 수행합니다.

8.5.2 테스트 보고서 및 추적성

테스트 보고서 및 추적성은 몰리브덴 스프레이 와이어의 각 배치와 코팅의 품질을 검증 할 수 있도록 품질 관리의 중요한 구성 요소입니다. 테스트 보고서는 화학 성분, 크기, 성능 및 결함 분석을 포함하여 원료, 몰리브덴 와이어 및 코팅의 테스트 결과를 자세히 기록해야 합니다. 보고서는 표준(예: GB/T 15258-2009)의 형식 요구 사항을 준수해야 하며 검사관이 서명하고 날짜를 기입해야 합니다.

추적성을 위해서는 몰리브덴 분말 조달에서 완제품 코팅에 이르기까지 공정의 모든 단계를 포괄하는 완전한 생산 기록의 확립이 필요합니다. 몰리브덴 와이어 및 코팅의 각 배치에는 원료 공급원, 생산 매개변수, 테스트 결과 및 공장 정보를 기록하는 고유 식별 번호가 할당됩니다. 현대의 기업은 전자 추적 시스템을 사용하여 바코드 또는 QR 코드를 통해 데이터를 관리하여 정보를 신속하게 검색하고 공유할 수 있도록 합니다.

추적성은 품질 관리에 도움이 될 뿐만 아니라 문제가 발생했을 때 원인을 신속하게 식별할 수 있도록 합니다. 예를 들어, 코팅이 벗겨지는 경우 몰리브덴 와이어의 표면 품질 또는 코팅 매개변수를 추적 시스템으로 확인하여 목표한 개선 조치를 개발할 수 있습니다.

8.5.3 품질 결함 분석 및 개선

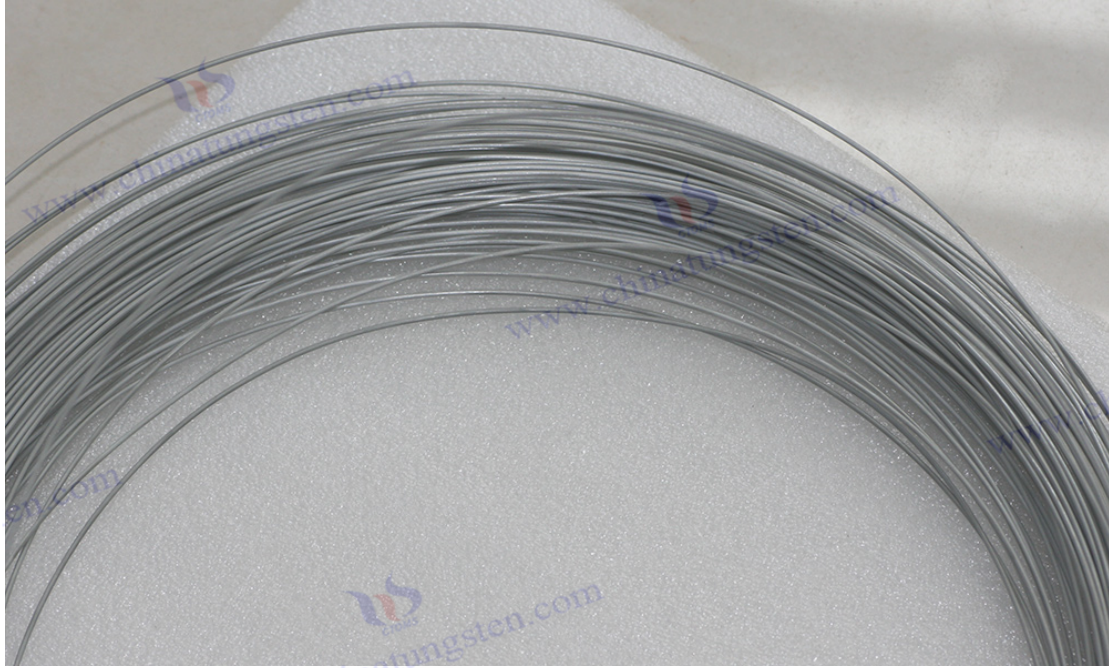
품질 결함 분석은 결함 원인에 대한 체계적인 분석을 통해 생산 공정 및 검사 방법을 최적화하여 지속적인 개선의 핵심입니다. 일반적인 결함에는 몰리브덴 와이어의 표면 균열, 과도한 코팅 다공성 및 불충분한 접착력이 포함되며 근본 원인을 규명하기 위해 과학적 분석이 필요합니다.

결함 분석은 일반적으로 피쉬본 다이어그램, 5W1H(Why, Where, When, Who, What, How) 및 FMEA(Failure Mode and Effects Analysis)를 사용합니다. 피쉬본 다이어그램은 결함의 원인을 사람, 기계, 재료, 방법, 환경의 5 가지 범주로 나누고 가능한 영향 요인을 체계적으로 분류합니다. 5W1H 는 특정 문제를 통해 결함이 발생하는 시나리오와 조건을 찾습니다. FMEA 는 결함의 잠재적 위험을 평가하고 향상된 기판 전처리 또는 코팅 매개변수 최적화와 같은 예방 조치를 개발합니다.

개선 사항은 효과를 확인하기 위해 테스트를 거쳐야 합니다. 예를 들어, 코팅의 다공성이 너무 높으면 분무 속도를 높이거나 HVOF 기술을 사용하여 SEM 분석을 통해 개선 사항을 확인하십시오. 개선 결과를 SOP 및 교육 계획에 통합하여 문제의 재발을 방지해야 합니다.

품질 결함 분석 및 개선은 품질 관리의 역동적인 프로세스이며 데이터 기반 접근 방식을 통해 기업은 몰리브덴 스프레이 와이어의 성능과 신뢰성을 지속적으로 개선하여 시장 수요를 충족할 수 있습니다.

저작권 및 법적 책임 선언문



CTIA GROUP LTD 폴리브덴 스프레이 와이어

Chapter 9 폴리브덴 스프레이 와이어의 개발 동향과 미래 전망

용사 기술의 중요한 재료로서 폴리브덴 스프레이 와이어는 항공 우주, 자동차 산업, 에너지 및 화학 산업에서 대체할 수 없는 역할을 했습니다. 글로벌 산업이 지능형, 친환경 및 고급으로 전환됨에 따라 폴리브덴 스프레이 와이어의 기술, 시장 및 응용은 새로운 기회와 도전을 맞이하고 있습니다. 이 장에서는 폴리브덴 스프레이 와이어의 기술 개발 동향, 시장 수요 및 응용 프로그램 확장, 환경 보호 및 지속 가능한 개발, 국제 기술 교류 및 협력의 전망에 대해 깊이 논의하고 산업의 미래 발전에 대한 체계적인 전망을 제공합니다.

9.1 폴리브덴 스프레이 와이어의 기술 개발 동향

폴리브덴 스프레이 와이어의 기술 개발은 더 높은 성능, 더 높은 효율성 및 더 많은 기능을 향해 나아가고 있습니다. 새로운 재료, 새로운 공정 및 디지털 기술의 융합은 스프레이 기술에 혁명을 일으켜 폴리브덴 와이어와 그 코팅이 점점 더 복잡하고 까다로운 응용 분야의 요구 사항을 충족할 수 있도록 했습니다. 이 섹션에서는 새로운 스프레이 재료 및 공정, 지능형 및 디지털 생산, 복합 코팅 기술의 개발 동향에 중점을 둡니다.

9.1.1 새로운 분무 재료 및 공정

새로운 스프레이 재료 및 공정의 개발은 폴리브덴 스프레이 와이어의 성능을 향상시키는 핵심 방향입니다. 기존의 폴리브덴 와이어는 높은 용점, 내식성 및 우수한 기계적 특성을 기반으로 하지만 단일 폴리브덴 코팅은 초고온 또는 강한 부식과 같은 일부 극한 환경에서 제한에 직면할 수 있습니다. 새로운 재료 및 공정의 도입은 이러한 한계를 극복하고 폴리브덴 와이어의 적용 범위를 확장하는 것을 목표로 합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Spray Wire Introduction

1. Overview of Molybdenum Spray Wire

Molybdenum spray wire is a high-purity molybdenum metal wire that is melted and deposited onto a substrate surface through thermal spray techniques such as flame spraying, plasma spraying, arc spraying, or HVOF (High Velocity Oxy-Fuel). The resulting coating offers excellent resistance to wear, corrosion, and high temperatures. Due to its high melting point and superior performance, molybdenum wire is widely used across various industrial sectors.

2. Characteristics of Molybdenum Spray Wire

High Melting Point: Approximately 2623°C, suitable for high-temperature environments.

Excellent Corrosion Resistance: Resists attack from acids, alkalis, and chemical media.

High Hardness & Wear Resistance: Tough coating that withstands mechanical wear.

Low Friction Coefficient: Reduces component wear and improves efficiency.

Chemical Stability: Maintains performance in harsh environments.

High Thermal Conductivity: Effectively dissipates heat and extends component lifespan.

3. Typical Uses of Molybdenum Spray Wire

Aerospace: Turbine blades, engine parts, thermal barrier coatings.

Automotive Industry: Wear-resistant coatings for piston rings, engine blocks, and brake discs.

Chemical & Energy Sectors: Corrosion-resistant pipelines, heat exchangers, wind power equipment.

Electronics & Semiconductors: Vacuum deposition heating wires, semiconductor leads.

Medical Field: Corrosion-resistant coatings for implants and surgical instruments.

Others: Marine anti-corrosion, wear-resistant construction machinery, high-temperature furnaces.

4. Basic Data of Molybdenum Spray Wire from CTIA GROUP LTD

Purity	≥99.95%
Density	10.2 g/cm ³
Diameter Range	1.0-3.0 mm, customizable
Tensile Strength	Moderate to ensure stable wire feeding
Packaging	Customized Packaging

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.molybdenum.com.cn

재료 측면에서 몰리브덴 매트릭스 복합재와 도핑된 몰리브덴 와이어는 연구 핫스팟이 되었습니다. 몰리브덴 매트릭스 복합재는 몰리브덴에 세라믹 입자(예: 지르코니아, 탄화규소) 또는 회토류 원소(예: 란타늄, 세륨)를 첨가하여 코팅의 경도, 내마모성 및 내산화성을 크게 향상시킵니다. 예를 들어, 란탄 산화물로 도핑된 몰리브덴 와이어는 고온 분야에서 안정적인 산화물 보호층을 형성하여 코팅의 수명을 연장할 수 있습니다. 나노 스케일 몰리브덴 분말의 개발은 또한 스프레이 공정에서 돌과구를 가져 왔으며 나노 입자의 미세한 크기와 균일 한 분포로 인해 코팅이 더 조밀하고 다공성이 크게 감소합니다. 이러한 나노 크기의 물질의 준비는 입자의 고순도와 일관성을 보장하기 위해 기상 증착 또는 기계적 합금 기술을 사용하여 수행되는 경우가 많습니다.

공정 측면에서 콜드 스프레이 및 레이저 보조 스프레이 기술은 빠르게 발전하고 있습니다. 냉간 분무는 초음속 가스 흐름을 통해 기관 표면에 몰리브덴 입자를 증착시켜 고온 용융으로 인한 산화 및 열 응력을 방지하며 알루미늄 합금 또는 폴리머와 같은 열에 민감한 기관에 특히 적합합니다. 레이저의 높은 에너지 밀도와 결합된 레이저 보조 스프레이는 용융 방울의 증착 경로와 코팅의 미세 구조를 정밀하게 제어하여 보다 균일한 코팅과 더 강력한 접착력을 제공합니다. 또한 초음속 화염 분무(HVOF) 및 부유 플라즈마 분무(SPS) 기술의 발전으로 몰리브덴 와이어 분무를 위한 더 높은 증착 효율과 코팅 품질을 제공했습니다. 이러한 공정은 가스 흐름, 열원 전력 및 와이어 공급 속도를 최적화하여 다공성을 낮추고 결합 강도를 높입니다.

새로운 재료와 공정의 조합은 또한 기능성 코팅의 개발을 주도하고 있습니다. 예를 들어, 몰리브덴 기반 자체 윤활 코팅은 이황화 몰리브덴 또는 흑연으로 도핑되어 마찰 계수를 크게 줄이고 고정밀 슬라이딩 부품에 적합합니다. 몰리브덴 기반 열 차단 코팅은 고온 서비스 수명을 연장하기 위해 세라믹 층과 혼합하여 항공기 엔진 터빈 블레이드에 적용됩니다. 이러한 기술 동향은 스프레이 코팅된 몰리브덴 와이어가 단일 재료에서 다기능 맞춤형 방향으로 진화하고 있음을 보여주며, 고급 응용 분야에 보다 유연한 솔루션을 제공합니다.

9.1.2 지능형 및 디지털 생산

지능형 및 디지털 생산은 몰리브덴 스프레이 와이어 산업의 혁신적인 추세이며 인공 지능, 사물 인터넷 및 빅 데이터 분석의 통합으로 생산 효율성, 품질 관리 및 프로세스 최적화 기능이 크게 향상되었습니다. 지능형 코팅 시스템과 디지털 생산 공정은 몰리브덴 와이어의 제조 및 사용 방식을 재편하고 있습니다.

지능형 스프레이 시스템은 산업용 로봇과 센서를 기반으로 하며, 실시간으로 스프레이 매개변수를 모니터링하고 조정할 수 있습니다. 로봇 스프레이 시스템은 코팅의 균일성을 보장하기 위해 시각적 인식 및 경로 계획 기술을 통해 복잡한 형상을 가진 기관에 적응합니다. 이 센서는 온도, 압력 및 와이어 공급 속도와 같은 데이터를 실시간으로 수집하고 피드백 제어 시스템을 통해 프로세스 매개변수를 동적으로 최적화합니다. 예를 들어, 일부 고급 플라즈마 스프레이 장비는 머신 러닝 알고리즘을 사용하여 코팅 결함을 예측하고 스프레이 거리 또는 가스 유량을

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

자동으로 조정하여 스크랩 비율을 줄일 수 있습니다.

디지털 생산은 산업용 사물 인터넷(IIoT)을 통한 장치 연결 및 데이터 공유를 가능하게 합니다. 생산 라인의 각 장비(예: 와이어 드로잉 기계, 스프레이 건, 감지기)에는 프로세스 매개변수와 품질 데이터를 클라우드 플랫폼에 업로드하는 데이터 수집 모듈이 장착되어 있습니다. SCADA 시스템과 같은 데이터 분석 플랫폼을 사용하면 생산 프로세스를 실시간으로 모니터링하여 잠재적인 문제를 식별하고 프로세스를 최적화할 수 있습니다. 예를 들어, 몰리브덴 와이어를 인발하는 동안 장력 변동을 분석하면 윤활제 제형 또는 다이 설계를 조정하여 와이어 품질을 개선할 수 있습니다. 또한 디지털 생산은 원격 유지 관리를 지원하여 기술자가 클라우드를 통해 장비 상태에 액세스하여 결함을 신속하게 진단하고 가동 중지 시간을 줄일 수 있도록 합니다.

인공 지능(AI)은 프로세스 최적화에서 점점 더 중요한 역할을 하고 있습니다. AI 알고리즘은 과거 생산 데이터를 분석하여 최상의 프로세스 매개변수 조합을 예측하고 시험 주기를 단축합니다. 예를 들어, HVOF 스프레이에서 AI 모델은 기판 유형 및 응용 분야 요구 사항에 따라 최적의 연비와 분사 속도를 권장하여 코팅 성능을 크게 향상시킬 수 있습니다. 또한 AI는 SEM 이미지나 접착 테스트 결과 등 검사 데이터를 분석하여 부적합 제품을 사전에 식별함으로써 품질 예측을 지원하고 품질 리스크를 줄입니다.

지능형 및 디지털 생산의 추세는 생산 효율성을 향상시켰을 뿐만 아니라 유연한 제조를 촉진했습니다. 최신 코팅 라인은 다양한 크기의 몰리브덴 와이어와 코팅 유형 사이를 빠르게 전환하여 소량 배치 및 맞춤형 주문의 요구 사항을 충족할 수 있습니다. 이러한 기술 발전을 통해 몰리브덴 스프레이 와이어 산업은 시장 변화에 더 잘 적응하고 항공 우주 및 자동차와 같은 고급 분야에 고부가가치 제품을 제공할 수 있습니다.

9.1.3 복합 코팅 기술

복합 코팅 기술은 세라믹, 금속 또는 폴리머와 같은 다른 재료와 결합하여 코팅의 전반적인 성능을 크게 향상시킵니다. 복합 코팅의 개발은 몰리브덴 스프레이 와이어 기술의 중요한 방향이며, 이는 다기능 및 극한 환경의 응용 요구 사항을 충족시킬 수 있습니다.

그라디언트 코팅은 열팽창 계수와 경도의 차이를 완화하기 위해 기판과 몰리브덴 코팅 사이에 전이층을 도입하여 열 응력으로 인한 스폐링을 줄이는 복합 코팅 기술의 한 유형입니다. 예를 들어, 항공기 엔진 터빈 블레이드의 경우 니켈 기반 합금 바인더 층이 몰리브덴 코팅 및 지르코니아 열 차단 코팅과 결합되어 그라디언트 구조를 형성하여 코팅의 열 충격 저항을 크게 향상시킵니다. 그라디언트 코팅은 일반적으로 다양한 재료의 증착 속도를 정밀하게 제어하여 조성과 성능의 점진적인 변화를 달성하는 다중 소스 스프레이 시스템을 사용하여 준비됩니다.

다층 코팅은 서로 다른 재료 층의 증착을 번갈아 가며 코팅 성능을 최적화하는 또

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

다른 중요한 복합 기술입니다. 예를 들어, 몰리브덴 코팅은 알루미늄 코팅과 교대로 증착되어 내마모성과 내식성을 모두 제공하여 화학 반응기 보호에 적합합니다. 다층 코팅을 준비하려면 각 층의 두께와 계면 접합의 정밀한 제어가 필요하며, 최신 플라즈마 스프레이 장비는 다중 건 설계를 통해 효율적인 다중 재료 증착을 달성합니다.

기능성 복합 코팅은 기능성 재료로 코팅을 도핑하여 코팅에 특별한 특성을 부여합니다. 예를 들어, 탄소 나노 튜브로 도핑 된 몰리브덴 코팅은 전도성과 자체 윤활성이 우수하여 전자 장치의 고속 슬라이딩 부품에 적합합니다. 이트륨 산화물로 도핑된 몰리브덴 코팅은 고온 산화에 대한 내성을 향상시키고 가스 터빈 블레이드에 적합합니다. 이러한 기능성 코팅의 개발은 나노 기술 및 표면 개질 기술의 발전에 의존하여 도핑 된 물질이 고르게 분포되고 몰리브덴 매트릭스에 잘 결합되도록 합니다.

복합 코팅 기술의 과제는 공정 복잡성과 비용 관리입니다. 향후 개발에는 생산 비용을 절감하는 동시에 코팅의 일관성과 신뢰성을 개선하기 위해 지능형 장비 및 프로세스 최적화가 필요합니다. 이러한 기술의 광범위한 적용은 고급 분야에서 몰리브덴 스프레이 와이어의 시장 경쟁력을 촉진 할 것입니다.

9.2 몰리브덴 스프레이 와이어의 시장 수요 및 응용 분야 확대

몰리브덴 스프레이 와이어에 대한 시장 수요는 글로벌 산업화와 신형 기술의 발전에 의해 주도되고 있으며 응용 분야는 전통 산업에서 신형 산업으로 빠르게 확장되고 있습니다. 이 섹션에서는 신형 산업의 응용 잠재력과 글로벌 시장 동향을 분석하여 몰리브덴 스프레이 와이어의 향후 개발에 대한 시장 관점을 제공합니다.

9.2.1 신형 산업에서의 응용 잠재력

재생 에너지, 전기 자동차, 적층 제조 및 생물 의학과 같은 신형 산업의 급속한 발전은 몰리브덴 스프레이 와이어의 새로운 응용 기회를 열었습니다. 이러한 산업은 고성능 코팅에서 더 높은 성능과 다양성을 요구하여 몰리브덴 와이어 기술의 혁신과 시장 확장을 주도하고 있습니다.

재생 가능 에너지 분야에서 스프레이 코팅된 몰리브덴 와이어는 태양열 및 풍력 발전 장비의 보호 코팅으로 널리 사용됩니다. 태양열 집열기 튜브는 장기간 고온에서 작동해야 하며 몰리브덴 코팅은 높은 열전도율과 내산화성을 통해 열 전달 효율과 내구성을 향상시킵니다. 풍력 터빈의 블레이드와 베어링은 바람, 모래, 습기에 노출되며 몰리브덴 코팅의 내마모성과 내식성은 서비스 수명을 크게 연장할 수 있습니다. 청정 에너지에 대한 전 세계 수요가 증가함에 따라 재생 에너지 장비에서 몰리브덴 와이어의 적용 가능성은 계속 확대될 것입니다.

전기 자동차(EV) 산업의 부상으로 몰리브덴 스프레이 와이어에 대한 광대한 시장이 형성되었습니다. 전기 자동차의 배터리 관리 시스템 및 모터 구성 요소는 고온 및 고전류에서 작동해야 하며 몰리브덴 코팅은 전극의 전도성과 내마모성을 향상시켜 구성 요소의 수명을 연장할 수 있습니다. 또한 전기 자동차의 제동 시스템은 브레이크 디스크의 더 높은 내마모성이 필요한 회생 제동을 사용하며 몰리브덴

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

코팅은 낮은 마찰 계수와 높은 경도를 통해 이러한 요구를 충족시킵니다. 전기 자동차 시장의 급속한 성장은 자동차 산업에서 폴리브덴 스프레이 와이어의 인기를 더욱 높일 것입니다.

적층 제조(3D 프린팅)는 또 다른 새로운 응용 분야입니다. 폴리브덴 코팅은 고온 응용 재료로 인한 마모 및 부식으로부터 3D 프린팅 장비의 노즐과 금형을 보호하는 데 사용됩니다. 폴리브덴 와이어는 또한 항공 우주 및 의료 응용 분야를 위해 레이저 또는 플라즈마 증착으로 복잡한 모양의 폴리브덴 기반 부품을 준비하기 위해 3D 프린팅의 원료로 사용할 수 있습니다. 재료 특성과 공정 유연성에 대한 적층 제조의 높은 요구는 폴리브덴 스프레이 와이어의 기술 혁신을 촉진했습니다.

생물 의학 분야에서는 폴리브덴 스프레이 와이어로 제조된 코팅이 생체 적합성 및 내식성으로 인해 임플란트 및 수술 도구의 표면 보호에 적용됩니다. 예를 들어, 인공 관절의 폴리브덴 코팅은 유체 부식을 줄이고 임플란트의 수명을 늘릴 수 있습니다. 메스의 폴리브덴 코팅은 높은 경도와 낮은 마찰을 통해 절단 정확도를 향상시킵니다. 정밀 의학의 발전과 고령화 사회에 따라 폴리브덴 코팅은 의료 기기에 적용될 수 있는 광범위한 전망을 가지고 있습니다.

이러한 신흥 산업의 응용 잠재력은 폴리브덴 스프레이 와이어가 전통적인 산업에서 첨단 기술 분야로 변화하고 있음을 보여줍니다. 기업은 시장 기회를 포착하기 위해 R&D 투자를 늘리고 새로운 요구를 충족하는 맞춤형 제품을 개발해야 합니다.

9.2.2 글로벌 시장 동향 분석

폴리브덴 스프레이 와이어의 세계 시장은 산업화 과정, 지역 경제 및 정책 지침의 영향을 받아 다양한 발전 추세를 보이고 있습니다. 중국, 유럽 연합, 북미 및 아시아 태평양은 주요 시장이며 각 지역마다 다른 시장 특성과 수요 동인을 가지고 있습니다.

중국은 세계 최대의 폴리브덴 자원 생산자이자 소비자이며 폴리브덴 스프레이 와이어 시장은 국내 제조 및 인프라 건설의 급속한 발전으로 이익을 얻습니다. 항공우주, 자동차 및 에너지 장비는 중국 시장의 핵심 수요 분야이며, "탄소 중립" 목표와 같은 국가 정책은 재생 에너지 및 전기 자동차 산업의 발전을 촉진하여 폴리브덴 와이어에 대한 수요를 더욱 확대하고 있습니다. 중국 기업은 기술 업그레이드와 비용 최적화를 통해 세계 시장에서 중요한 위치를 차지하고 있습니다.

EU 시장은 고급 응용 분야와 환경 요구 사항이 특징이며 항공 우주 및 자동차 산업이 주요 수요원입니다. REACH 및 RoHS 와 같은 유럽 연합의 녹색 제조 규정은 기업이 저공해 스프레이 공정을 채택하도록 요구하여 콜드 스프레이 및 녹색 폴리브덴 코팅 기술의 개발을 주도하고 있습니다. 유럽 기업들은 기술 혁신과 품질 표준을 선도하고 있으며, 국제 시장과의 기술 협력에 주력하고 있습니다.

북미 시장은 항공우주 및 에너지 산업이 지배하고 있으며, 특히 가스 터빈과 심해 석유 및 가스 장비에서 고성능 코팅에 대한 수요가 계속 증가하고 있습니다. 북미 기업들은 HVOF 및 플라즈마 스프레이 기술을 선도하고 있으며 지능형 장비의 개발

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

및 적용을 강조하고 있습니다. 미국 정부의 제조업 리쇼어링 정책은 지역 시장에 새로운 활력을 불어넣었습니다.

아시아 태평양 지역, 특히 인도, 일본, 한국은 자동차 전자, 재생 에너지 및 조선 산업의 확장으로 폴리브덴 와이어에 대한 수요를 주도하면서 빠르게 성장하는 시장입니다. 인도 시장의 저렴한 비용 이점으로 인해 인도 시장은 새로운 폴리브덴 와이어 가공 센터로 부상하고 있으며, 일본과 한국은 반도체 및 디스플레이 산업의 고정밀 응용 분야에 중점을 두고 있습니다. RCEP 와 같은 지역 경제 통합의 진전은 아시아 태평양 시장에서 기술 교류 및 자원 공유를 촉진했습니다.

글로벌 시장 동향에 따르면 폴리브덴 스프레이 와이어에 대한 수요는 특히 고급 및 신흥 부문에서 계속 증가할 것입니다. 기업은 지역 시장의 차별화된 요구에 주의를 기울이고 현지화된 생산 및 글로벌 공급망 최적화를 통해 시장 범위를 개선해야 합니다. 동시에 국제 무역 장벽과 원자재 가격 변동의 위험은 다각화된 조달과 전략적 협력을 통해 해결되어야 합니다.

9.3 환경 보호 및 분무의 지속 가능한 개발

환경 보호 및 지속 가능한 개발은 스프레이 폴리브덴 산업의 중요한 발전 방향이며 녹색 기술 및 순환 경제의 개념은 생산 모드 및 공정 선택에 깊은 영향을 미치고 있습니다. 환경 오염을 줄이고, 자원 활용도를 개선하고, 저탄소 생산을 촉진하는 것은 업계가 직면한 일반적인 과제입니다. 이 섹션에서는 친환경 스프레이 기술과 환경 관리 시스템에 대해 설명합니다.

친환경 스프레이 기술

친환경 분무 기술은 분무 공정 중 오염 물질 배출과 에너지 소비를 줄이고 공정 혁신 및 장비 업그레이드를 통해 환경 목표를 달성하는 것을 목표로 합니다. 친환경 분무 기술의 개발은 화염 분무와 같은 전통적인 용사 기술이 배기 가스, 먼지 및 소음을 생성할 수 있는 문제에 대한 해결책을 제공합니다.

냉간 분무 기술은 폴리브덴 입자를 저온 및 고속으로 분사하여 고온으로 인한 산화물 배출 및 열 에너지 낭비를 방지하는 전형적인 친환경 기술입니다. 콜드 스프레이 장비는 사용되는 헬륨 또는 질소의 양을 줄이고 운영 비용을 낮추는 효율적인 가스 순환 시스템을 사용합니다. 콜드 스프레이의 낮은 열 입력으로 열에 민감한 기판을 취급하고 스크랩 생성을 줄이는 데 적합하여 자동차 및 전자 산업에서 널리 사용됩니다.

저공해 분무 장비는 녹색 개발의 초점입니다. 현대의 플라즈마 분무 및 HVOF 시스템에는 여과 및 흡착 기술을 통해 이산화황 또는 질소 산화물과 같은 유해 가스를 제거하는 배기 가스 처리 장치가 장착되어 있어 배출 표준(예: EU REACH)을 준수할 수 있습니다. 효율적인 연소 시스템은 탄소 배출량을 줄이는 동시에 연료 대 산소의 비율을 최적화하여 에너지 효율성을 개선합니다. 일부 최첨단 스프레이 장비에는 폐열을 사용하여 기판을 예열하거나 가열하는 열 회수 시스템도 포함되어 있어 에너지 소비를 줄입니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

CTIA GROUP LTD

Molybdenum Spray Wire Introduction

1. Overview of Molybdenum Spray Wire

Molybdenum spray wire is a high-purity molybdenum metal wire that is melted and deposited onto a substrate surface through thermal spray techniques such as flame spraying, plasma spraying, arc spraying, or HVOF (High Velocity Oxy-Fuel). The resulting coating offers excellent resistance to wear, corrosion, and high temperatures. Due to its high melting point and superior performance, molybdenum wire is widely used across various industrial sectors.

2. Characteristics of Molybdenum Spray Wire

High Melting Point: Approximately 2623°C, suitable for high-temperature environments.

Excellent Corrosion Resistance: Resists attack from acids, alkalis, and chemical media.

High Hardness & Wear Resistance: Tough coating that withstands mechanical wear.

Low Friction Coefficient: Reduces component wear and improves efficiency.

Chemical Stability: Maintains performance in harsh environments.

High Thermal Conductivity: Effectively dissipates heat and extends component lifespan.

3. Typical Uses of Molybdenum Spray Wire

Aerospace: Turbine blades, engine parts, thermal barrier coatings.

Automotive Industry: Wear-resistant coatings for piston rings, engine blocks, and brake discs.

Chemical & Energy Sectors: Corrosion-resistant pipelines, heat exchangers, wind power equipment.

Electronics & Semiconductors: Vacuum deposition heating wires, semiconductor leads.

Medical Field: Corrosion-resistant coatings for implants and surgical instruments.

Others: Marine anti-corrosion, wear-resistant construction machinery, high-temperature furnaces.

4. Basic Data of Molybdenum Spray Wire from CTIA GROUP LTD

Purity	≥99.95%
Density	10.2 g/cm ³
Diameter Range	1.0-3.0 mm, customizable
Tensile Strength	Moderate to ensure stable wire feeding
Packaging	Customized Packaging

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.molybdenum.com.cn

수성 세척 기술의 도입은 또한 녹색 스프레이의 개발을 촉진했습니다. 기존의 세척 공정은 휘발성 유기 화합물(VOC) 오염을 생성할 수 있는 유기 용제를 사용합니다. 수성 세척제는 생분해성 제형과 초음파 세척 기술을 통해 폴리브덴 와이어 표면의 기름과 산화물을 제거하는 데 매우 효과적이며 환경에 미치는 영향을 줄입니다. 이러한 녹색 기술의 포괄적인 적용은 폴리브덴 스프레이 와이어의 생산을 보다 환경 친화적으로 만들고 글로벌 지속 가능한 개발의 요구 사항을 충족합니다.

스크랩 회수 및 재활용

폐기물 회수 및 재활용은 폴리브덴 스프레이 와이어 산업의 지속 가능한 발전의 중요한 부분입니다. 폴리브덴은 회귀 금속으로서 자원이 제한되어 있으며 재활용으로 생산 비용을 절감하고 환경 부담을 줄일 수 있습니다. 스프레이 공정에서 발생하는 텅 자국, 폐기물 필라멘트 및 오래된 코팅은 재활용의 주요 대상입니다.

비말 입자 회수는 전용 수집 시스템을 통해 이루어집니다. 현대의 분무 장비에는 집진기와 필터가 장착되어 분무 과정에서 빠져나가는 폴리브덴 입자를 포집하고 분리합니다. 이러한 입자는 스크리닝 및 정제되며 스프레이 또는 폴리브덴 분말 생산에 재사용할 수 있습니다. 재활용 시스템의 효율성은 자원 활용에 직접적인 영향을 미치며, 최첨단 장비는 비말 입자를 최대 90%까지 회수할 수 있습니다.

폐 필라멘트 및 오래된 코팅의 재활용은 화학적 또는 기계적 방법으로 처리됩니다. 폐선은 제련 또는 전기분해에 의해 정제되고 고순도 폴리브덴 분말로 변환되어 생산 공정에 다시 들어갑니다. 오래된 코팅의 재활용은 일반적으로 샌드 블라스팅 또는 화학적 스트리핑 기술을 사용하여 기관에서 코팅을 분리하고 회수된 폴리브덴 재료는 재사용하기 전에 분쇄 및 정제됩니다. 재활용 공정에서는 재활용 재료의 품질이 표준(예: GB/T 3462-2017)을 충족하도록 하기 위해 불순물 유입을 엄격하게 통제해야 합니다.

재활용 시스템을 구축하려면 산업 체인의 상류와 하류의 협력이 필요합니다. 폴리브덴 가공업체와 분무 서비스 제공업체는 통일된 방식으로 폐기물을 수거하고 처리하기 위해 재활용 네트워크를 구축해야 합니다. H.C. 스타크(H.C. Starck)과 같은 선도 기업들은 폐기물을 직접 원료로 전환하는 폐쇄 루프 재활용 시스템을 개발하여 자원 소비를 크게 줄였습니다. 정책 지원은 또한 기업이 재활용 기술을 채택하고 회수 금속의 폐기물을 줄이도록 장려하는 중국의 순환 경제 촉진법과 같은 순환 경제 발전에 기여했습니다.

폐기물 재활용 및 재활용은 생산 비용을 절감할 뿐만 아니라 회사의 사회적 책임 이미지를 향상시킵니다. 앞으로 업계는 폴리브덴 자원의 지속 가능한 사용을 촉진하기 위해 재활용 기술과 표준을 더욱 개선해야 합니다.

9.4 폴리브덴 스프레이 와이어의 국제 기술 교류 및 협력

국제 기술 교류 및 협력은 기술 혁신, 표준 통일 및 시장 세계화를 촉진하는 폴리브덴 스프레이 와이어 산업 발전의 핵심 원동력입니다. 국경을 초월한 R&D, 산업 협력 및 국제 컨퍼런스를 통해 산업은 자원을 공유하고, 공통 문제를 해결하고,

저작권 및 법적 책임 선언문

기술 발전을 주도할 수 있습니다. 이 섹션에서는 국제 기술 표준의 조화와 국경을 초월한 R&D 및 산업 협력에 대한 전망을 살펴봅니다.

9.4.1 국제 기술 표준의 조화

국제 기술 표준의 통일은 몰리브덴 스프레이 와이어의 글로벌 무역 및 기술 교류의 기반을 제공하고 표준 차이로 인한 기술 장벽을 줄입니다. 현재 몰리브덴 스프레이 와이어에 대한 표준은 주로 ISO, ASTM 및 중국 GB/T 시스템이 지배하고 있지만 표준 간에 화학 성분, 테스트 방법 및 적용 요구 사항에 차이가 있어 다국적 시장의 호환성에 영향을 미칩니다.

ISO 14919 및 ISO 20407 과 같은 ISO 표준은 국제 기술 표준 조화의 핵심이며 스프레이용 와이어 및 코팅의 성능 요구 사항을 다룹니다. 이러한 표준은 여러 국가의 전문가에 의해 개발되었으며 글로벌 산업의 기술적 합의를 반영합니다. 예를 들어, ISO 14919 는 유럽 연합, 북미 및 아시아 태평양 지역에서 널리 인정되는 스프레이 코팅 몰리브덴 와이어의 치수 공차 및 표면 품질을 지정합니다. 앞으로 ISO 는 산업 발전에 적응하기 위해 새로운 기술(예: 냉간 분무, 나노 코팅)에 대한 사양을 포함하도록 표준의 적용 범위를 더욱 확장해야 합니다.

ASTM B387-18 과 같은 ASTM 표준은 북미 시장에 상당한 영향을 미치고 있으며 높은 정확도 요구 사항은 항공 우주와 같은 고급 응용 분야에 적합합니다. 중국 GB/T 표준과 비교하여 ASTM 은 불순물 함량 및 검출 방법에 대해 더 엄격한 사양을 가지고 있습니다. 표준을 조화시키기 위한 노력은 보다 호환 가능한 사양을 개발하기 위해 ISO 와 ASTM 의 조화를 필요로 합니다. 예를 들어, ASTM 과 GB/T 는 양자 상호 인정 협정을 통해 몰리브덴 와이어의 화학 조성 및 기계적 특성 시험 방법을 조화시켜 국경 간 인증 프로세스를 단순화할 수 있습니다.

국제 표준 제정에서 중국의 역할은 점점 커지고 있습니다. 국내 기업 (예 : Chinatungsten High-tech)은 국제 표준과 GB / T 표준 (예 : GB / T 4181-2017)의 통합을 촉진하기 위해 ISO 기술위원회에 적극적으로 참여합니다. 표준의 통일은 기술 교류를 촉진할 뿐만 아니라 세계 시장에서 중국 기업의 경쟁력을 향상시킵니다. 앞으로 업계는 다자간 협력을 강화하고, 표준의 개정 및 홍보를 가속화하고, 몰리브덴 스프레이 와이어에 대한 글로벌 통합 기술 프레임워크를 구축해야 합니다.

9.4.2 국경을 초월한 R&D 및 산학협력

다국적 R&D 및 산업 협력은 몰리브덴 분무에서 몰리브덴 와이어 기술을 혁신하는 중요한 방법이며, 이는 자원과 전문 지식의 공유를 통해 새로운 재료 및 공정의 개발을 가속화합니다. 협업은 공동 실험실, 기술 라이선싱, 산업 제휴 및 국제 회의의 형태를 취합니다.

이 공동 연구소는 국경을 초월한 R&D 를 위한 핵심 플랫폼입니다. 예를 들어, 중국과학원(Chinese Academy of Sciences)은 독일의 프라운호퍼 연구소(Fraunhofer Institute)와 협력하여 몰리브덴 기반 복합 코팅 및 콜드 스프레이 기술 연구에 중점을 둔 용사 기술을 위한 공동 실험실을 설립했습니다. 장비와 데이터를 공유함으로써 이

[저작권 및 법적 책임 선언문](#)

실험실은 물리브덴 코팅의 고온 산화 및 열 충격 성능과 관련된 기술적 문제를 해결합니다. 또한 이 공동 연구소는 국제적인 인재를 양성하고 산업 발전을 위한 기술 보유량을 제공했습니다.

기술 라이선싱은 업계 협업의 일반적인 형태입니다. 유럽 기업들은 아시아 기업에 물리브덴 와이어 생산 기술을 라이선싱함으로써 지역 시장의 기술 업그레이드를 촉진했습니다. 기술 라이선싱에는 라이선스가 부여된 제품의 성능이 표준을 충족하도록 보장하기 위한 엄격한 품질 관리가 수반됩니다. 이 협업 모델은 기술 확산 비용을 줄이는 동시에 기업의 시장 범위를 확대합니다.

산업 연합은 산업 체인 자원을 통합하여 물리브덴 스프레이 와이어의 대규모 적용을 촉진했습니다. 예를 들어, 미국 열 스프레이 협회(ASM TSS)와 중국 국가 열 스프레이 협업 그룹이 공동으로 주최하는 국제 열 스프레이 컨퍼런스는 기업이 기술을 교환하고 시장과 연결할 수 있는 플랫폼을 제공합니다. 이 제휴는 또한 글로벌 공급망을 최적화하기 위해 원자재 공급업체, 장비 제조업체 및 코팅 서비스 제공업체의 협력을 조정합니다.

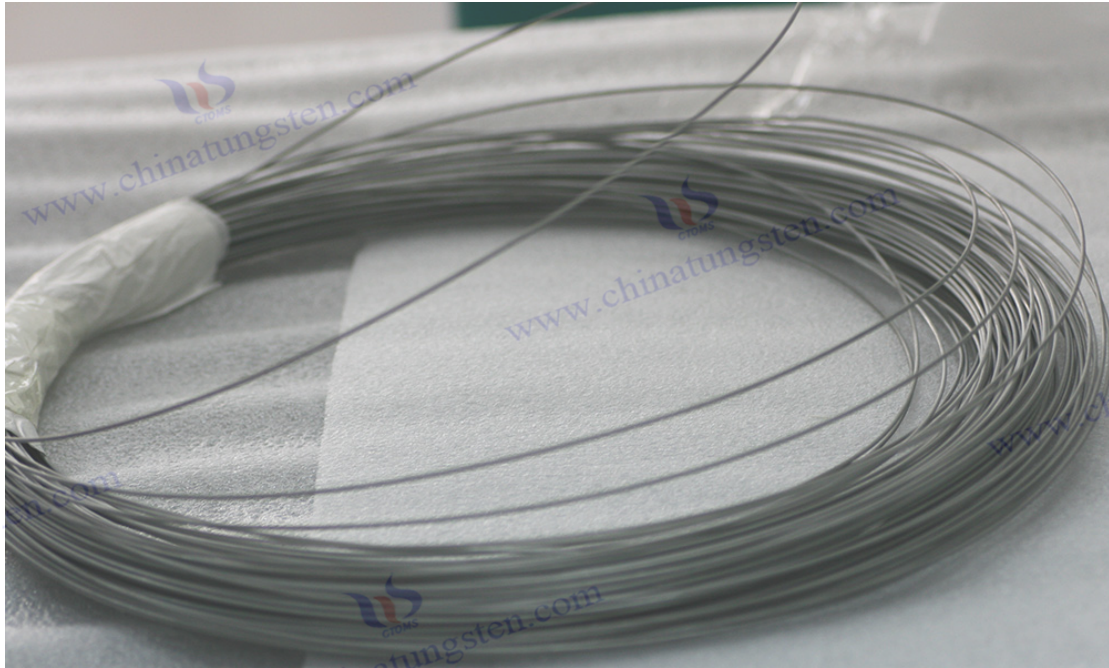
ITSC 국제 열 스프레이 컨퍼런스와 같은 국제 컨퍼런스 및 전시회는 기술 교류를 위한 중요한 채널로, 전 세계의 전문가와 기업을 한자리에 모아 최신 물리브덴 스프레이 와이어 기술을 선보일 수 있습니다. 이 컨퍼런스는 기술 프레젠테이션, 세미나 및 전시회를 통해 국경을 초월한 협력 프로젝트를 촉진했습니다. 예를 들어, 2024 ITSC 컨퍼런스는 스마트 스프레이 및 친환경 기술에 초점을 맞추고 물리브덴 와이어 산업의 미래 발전 방향을 지적했습니다.

국경을 초월한 R&D 및 산업 협업의 과제는 지적 재산권 보호와 문화적 차이에 있습니다. 앞으로 업계는 특허 공유와 공동 출원을 통해 모든 당사자의 이익이 균형을 이룰 수 있도록 보다 투명한 협력 메커니즘을 구축해야 합니다. 동시에 인재 교육 및 문화 교류를 강화하고 협업 효율성을 높이며 물리브덴 스프레이 와이어 기술의 글로벌 개발을 촉진합니다.

저작권 및 법적 책임 선언문

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

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



CTIA GROUP LTD 몰리브덴 스프레이 와이어

부록

A. 용어집

몰리브덴 스프레이 와이어(Molybdenum Spray Wire): 고순도 몰리브덴 와이어를 원료로 사용하여 용사 기술을 통해 기판 표면에 기능성 코팅을 형성하는 재료입니다.

열 분무(Thermal Spraying): 열에 의해 재료를 용융 또는 반용융하고 기판 표면에 분사하여 코팅을 형성하는 공정입니다.

플라즈마 스프레이: 플라즈마 화염 흐름을 열원으로 사용하는 고온 스프레이 기술입니다.

화염 분사 : 타오르는 불꽃을 열원으로 사용하는 분사 방식입니다.

아크 스프레이(Arc Spraying): 금속 와이어를 아크를 일으키고 기판 표면에 분사하여 녹이는 기술입니다.

HVOF(High-Velocity Oxy-Fuel Spraying): 고속 연소 가스를 사용하여 용융 물질을 분사하는 스프레이 기술입니다.

코팅 접착력(Coating Adhesion): 코팅과 기판 사이의 결합 강도로, 일반적으로 인장 또는 전단 시험으로 평가됩니다.

코팅 다공성(Coating Porosity): 코팅의 성능에 영향을 미치는 코팅에 있는 기공의 부피 비율입니다.

내식성 : 화학적 또는 갈바닉 부식에 저항하는 재료의 능력.

내마모성(Abrasion Resistance): 기계적 마모에 저항하는 재료 표면의 능력.

몰리브덴 분말: 화학적 환원 또는 물리적 방법으로 제조된 고순도 몰리브덴 입자.

분말 야금: 금속 분말을 압착 및 소결하여 재료를 준비하는 과정.

와이어 드로잉 프로세스: 드로잉 다이를 통해 금속 막대를 필라멘트로 가공하는 공정.

표면 활성화(Surface Activation): 화학적 또는 물리적 방법으로 몰리브덴 와이어의 표면 활성을 향상시키는 처리.

저작권 및 법적 책임 선언문

X 선 형광 분석(XRF): 물질의 원소 조성을 감지하는 데 사용되는 분광 분석 기술입니다.

주사 전자 현미경(SEM): 재료의 미세한 형태와 구조를 관찰하는 데 사용되는 현미경 기술입니다.

에너지 분광법(EDS): 물질의 원소 분포를 분석하기 위해 SEM 과 함께 사용되는 기술입니다.

열처리(Heat Treatment): 가열 및 냉각 과정을 제어하여 재료의 특성을 향상시키는 과정.

녹색 제조(Green Manufacturing): 에너지 절약, 배출 감소 및 환경 보호를 목표로 하는 생산 방법.

B. 참조

- [1] Chinatungsten 온라인. 텅스텐 몰리브덴 라이브러리.
- [2] 중국 텅스텐. 1986 년에 설립되었으며 격월간입니다.
- [3] 중국과학원(Chinese Academy of Sciences) 금속연구소(Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences). 몰리브덴 기반 코팅에 대한 연구 진행 상황.
- [4] 프렉스에어 표면 기술. 용사 코팅 브로셔.
- [5] GB/T 4181-2017 몰리브덴 와이어. 중국 표준화 관리국.
- [6] GB/T 3462-2017 "몰리브덴 바 및 몰리브덴 블랭크". 중국 표준화 관리국.
- [7] ASTM B387-18 《몰리브덴 및 몰리브덴 합금 막대, 막대 및 와이어에 대한 표준 사양》. ASTM 국제.
- [8] ISO 14919 《열 용사 - 화염 및 아크 용사용 전선, 막대 및 코드》. 국제표준화기구(International Organization for Standardization).
- [9] ISO 20407 《파인 세라믹 - 계면 인장 및 전단 강도에 대한 시험 방법》. 국제표준화기구(International Organization for Standardization).
- [10] 재료 과학 저널. 용사 코팅의 동향.
- [11] 표면 및 코팅 기술. 콜드 스프레이 및 지능형 스프레이 시스템의 발전.
- [12] 국제 열 스프레이 컨퍼런스(ITSC). 간행물 2024.
- [13] ISO 9001:2015 《품질 경영 시스템 - 요구 사항》. 국제표준화기구(International Organization for Standardization).
- [14] ISO 14001:2015 《환경 경영 시스템 - 요구 사항》. 국제표준화기구(International Organization for Standardization).
- [15] EU REACH 규정. 유럽 화학물질청.
- [16] 중국 순환 경제 촉진법. 국가발전개혁위원회(National Development and Reform Commission).
- [17] 중국과학원(Chinese Academy of Sciences) 금속연구소(Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences). 몰리브덴 기반 코팅에 대한 연구 진행 상황.
- [18] ASTM C633. 용사 코팅의 접착 또는 응집력에 대한 표준 테스트 방법.
- [19] ISO 4287. 기하학적 제품 사양(GPS) - 표면 질감.
- [20] Journal of Thermal Spraying Technology(용사 기술 저널). 몰리브덴 코팅 : 속성 및 응용 프로그램.

저작권 및 법적 책임 선언문