

モリブデンスプレーワイヤーの完全ガイド

中钨智造科技有限公司
CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

タングステン、モリブデン、レアアース産業向けのインテリジェント製造のグローバル
リーダー

著作権および法的責任に関する声明

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 の紹介

CTIA GROUP LTD は、CHINATUNGSTEN ONLINE によって設立された独立した法人格を持つ完全子会社であり、インダストリアル インターネット時代におけるタングステンおよびモリブデン材料のインテリジェントで統合された柔軟な設計と製造を促進することに専念しています。CHINATUNGSTEN ONLINE は、www.chinatungsten.com を出発点として 1997 年に設立され、中国初の一流のタングステン製品ウェブサイトであり、タングステン、モリブデン、希土類産業に焦点を当てた国の先駆的な電子商取引企業です。タングステンとモリブデンの分野での深い経験の約 30 年を活用して、CTIA グループは、タングステン化学薬品、タングステン金属、超硬合金、高密度合金、モリブデン、およびモリブデン合金の分野で包括的なアプリケーションソリューションプロバイダになり、親会社の優れた設計および製造能力、優れたサービス、およびグローバルなビジネスの評判を継承しています。

過去 30 年間で、CHINATUNGSTEN ONLINE は、ニュース、価格、タングステン、モリブデン、希土類に関連する 100 万ページ以上の 20 以上の言語をカバーする 200 以上の多言語タングステンとモリブデンの専門家のウェブサイトを設定しています。2013 年以来、WeChat の公式アカウント「CHINATUNGSTEN ONLINE」は 40,000 を超える情報を公開し、約 100,000 人のフォロワーにサービスを提供し、世界中の数十万人の業界専門家に毎日無料の情報を提供しています。そのウェブサイトクラスターと公式アカウントへの累積訪問数が数十億回に達し、タングステン、モリブデン、希土類業界向けのグローバルで権威ある情報ハブとして認められ、24 時間年中無休の多言語ニュース、製品パフォーマンス、市場価格、市場動向サービスを提供しています。

CHINATUNGSTEN ONLINE の技術と経験に基づいて、CTIA GROUP は顧客のパーソナライズされたニーズを満たすことに焦点を当てています。AI 技術を活用し、特定の化学組成や物性(粒子サイズ、密度、硬度、強度、寸法、公差など)を持つタングステン・モリブデン製品をお客様と共同で設計・製造します。型開きから試作、仕上げ、包装、物流まで一貫サービスを提供。過去 30 年間で、CHINATUNGSTEN ONLINE は、世界中の 130,000 以上の顧客に 500,000 種類以上のタングステンおよびモリブデン製品の研究開発、設計、および生産サービスを提供し、カスタマイズされた、柔軟でインテリジェントな製造の基盤を築いてきました。この基盤に依拠して、CTIA GROUP は、インダストリアルインターネット時代におけるタングステンおよびモリブデン材料のインテリジェントな製造と統合イノベーションをさらに深化させます。

ハンス博士と CTIA GROUP の彼のチームは、30 年以上の業界経験に基づいて、タングステン、モリブデン、希土類に関連する知識、技術、タングステン価格、市場動向分析を執筆し、公開しています。ハン博士は、1990 年代からタングステンおよびモリブデン製品の電子商取引および国際取引、ならびに超硬合金および高密度合金の設計および製造において 30 年以上の経験を持ち、国内外のタングステンおよびモリブデン製品の有名な専門家です。CTIA GROUP のチームは、専門的で高品質な情報を業界に提供するという原則を堅持し、生産慣行と市場顧客のニーズに基づいて技術研究論文、記事、業界レポートを継続的に作成し、業界で広く賞賛されています。これらの成果は、CTIA GROUP の技術革新、製品プロモーション、業界交流をしっかりと支え、世界のタングステンおよびモリブデン製品製造および情報サービスのリーダーになるための原動力となっています。



著作権および法的責任に関する声明

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

ディレクトリ

第1章:はじめに

- 1.1 モリブデンスプレーワイヤーの定義と概念
- 1.2 モリブデンスプレーワイヤーの歴史的進化
- 1.3 モリブデンスプレーワイヤーの工業的価値と応用の見通し
- 1.4 国内外のモリブデンスプレーワイヤーの研究と技術状況

第2章:モリブデンスプレーワイヤーの特性

- 2.1 モリブデン溶射ワイヤーの物性
 - 2.1.1 融点と熱伝導率
 - 2.1.2 密度と硬度
 - 2.1.3 熱膨張係数と熱安定性
 - 2.1.4 導電率と抵抗率
- 2.2 モリブデンスプレーワイヤーの化学的性質
 - 2.2.1 耐食性
 - 2.2.2 耐酸化性
 - 2.2.3 化学的不活性と反応性
- 2.3 モリブデンスプレーワイヤーの機械的性質
 - 2.3.1 引張強度と降伏強度
 - 2.3.2 延性と破壊靱性
 - 2.3.3 耐摩耗性と疲労特性
- 2.4 スプレーコーティング性能
 - 2.4.1 コーティングの密着性と接着強度
 - 2.4.2 コーティングの多孔性と均一性
 - 2.4.3 高温および熱衝撃に対するコーティング耐性
 - 2.4.4 コーティングの表面粗さと微細構造
- 2.5 CTIAGROUP LTD のモリブデンスプレーワイヤーMSDS

第3章:モリブデンスプレーワイヤーの準備と製造プロセス

- 3.1 原材料の準備
 - 3.1.1 モリブデン鉱石選鉱および精製技術
 - 3.1.2 高純度モリブデン粉末の製造工程
 - 3.1.3 モリブデン粉末の品質管理と試験
- 3.2 モリブデンワイヤーフォーミングプロセス
 - 3.2.1 粉末冶金成形技術
 - 3.2.2 モリブデン伸線プロセス
 - 3.2.2.1 シングルダイ伸線
 - 3.2.2.2 マルチモード連続伸線
 - 3.2.3 モリブデンワイヤーの焼鈍と応力緩和
 - 3.2.4 表面のクリーニングと研磨
- 3.3 モリブデンスプレーワイヤーの特殊加工
 - 3.3.1 表面活性化処理

著作権および法的責任に関する声明

- 3.3.2 仕様のカスタマイズ
- 3.3.3 表面改質技術
- 3.4 スプレープロセス
 - 3.4.1 基板の表面前処理
 - 3.4.1.1 メカニカルサンドブラスト
 - 3.4.1.2 化学洗浄
 - 3.4.1.3 超音波洗浄
 - 3.4.2 溶射技術
 - 3.4.2.1 フレームスプレープロセス
 - 3.4.2.2 プラズマ溶射プロセス
 - 3.4.2.3 アーク溶射プロセス
 - 3.4.2.4 高速酸素燃料噴霧(HVOF)
 - 3.4.3 噴霧後処理
 - 3.4.3.1 熱処理と焼鈍
 - 3.4.3.2 コーティングの研磨と仕上げ
 - 3.4.3.3 コーティングシーリング処理
- 3.5 生産プロセスの最適化
 - 3.5.1 プロセスパラメータの最適化と制御
 - 3.5.2 品質保証体制
 - 3.5.3 グリーン製造と省エネ技術
- 3.6 主な技術ポイント
 - 3.6.1 高純度モリブデン線の作製技術
 - 3.6.2 スプレーコーティングの品質管理
 - 3.6.3 スプレー効率と一貫性
- 3.7 先端技術の応用
 - 3.7.1 ナノメートル噴霧技術
 - 3.7.2 レーザーアシスト噴霧技術
 - 3.7.3 コールドスプレー技術
 - 3.7.4 インテリジェントで自動化された噴霧システム
- 3.8 技術的な課題と解決策
 - 3.8.1 コーティングの剥離と亀裂
 - 3.8.2 高温酸化と性能低下
 - 3.8.3 生産コストと効率のバランス
 - 3.8.4 複雑な基材の噴霧への適応性

第4章:モリブデンスプレーワイヤーの分類

- 4.1 純度による分類
 - 4.1.1 高純度モリブデン線
 - 4.1.2 ドープされたモリブデンワイヤー
- 4.2 用途による分類
 - 4.2.1 工業用噴霧用
 - 4.2.2 機能性コーティング用
- 4.3 スプレープロセスによる分類

著作権および法的責任に関する声明

- 4.3.1 フレームスプレー用
- 4.3.2 アークスプレー用
- 4.3.3 プラズマ溶射用
- 4.3.4 高速酸素燃料噴霧(HVOF)の場合
- 4.3.5 コールドスプレー用

第5章:モリブデンスプレーワイヤーの使用

- 5.1 航空宇宙分野
 - 5.1.1 タービンブレードとエンジン部品
 - 5.1.2 高温構造部品と遮熱コーティング
 - 5.1.3 宇宙船の耐摩耗性および防食コーティング
- 5.2 自動車産業
 - 5.2.1 エンジンピストンとブロックコーティング
 - 5.2.2 排気システム用耐高温コーティング
 - 5.2.3 ブレーキシステムの耐摩耗性コーティング
- 5.3 化学およびエネルギー産業
 - 5.3.1 耐食性パイプとバルブ
 - 5.3.2 反応器と熱交換器のコーティング
 - 5.3.3 太陽光および風力エネルギー機器のコーティング
- 5.4 エレクトロニクスおよび半導体産業
 - 5.4.1 真空コーティング用電熱線
 - 5.4.2 半導体リード線と電極
 - 5.4.3 薄膜蒸着コーティング
- 5.5 医療および生物工学
 - 5.5.1 医療機器用発熱体
 - 5.5.2 医療機器用耐食コーティング
- 5.6 その他の適用分野
 - 5.6.1 船舶およびオフショアエンジニアリング用の防食コーティング
 - 5.6.2 建設機械用耐摩耗性コーティング
 - 5.6.3 高温ストーブおよび熱処理装置

第6章:モリブデンスプレーワイヤーの製造設備

- 6.1 原材料加工設備
 - 6.1.1 モリブデン粉末の調製および還元装置
 - 6.1.2 焼結炉および鍛造設備
- 6.2 モリブデン線製造設備
 - 6.2.1 伸線機とダイ
 - 6.2.2 焼鈍炉と熱処理装置
 - 6.2.3 表面洗浄および研磨装置
- 6.3 噴霧装置
 - 6.3.1 フレームスプレーシステム
 - 6.3.2 プラズマ溶射装置
 - 6.3.3 アーク噴霧装置

著作権および法的責任に関する声明

- 6.3.4 高速酸素燃料噴霧(HVOF)装置
- 6.4 補助および後処理装置
 - 6.4.1 基板前処理装置
 - 6.4.2 コーティング後処理装置
 - 6.4.3 オンライン検出および監視機器
- 6.5 自動化とインテリジェント機器
 - 6.5.1 自動スプレー生産ライン
 - 6.5.2 インテリジェント制御およびデータ収集システム
 - 6.5.3 ロボット噴霧システム

第7章:モリブデンスプレーワイヤーの国内外の規格

- 7.1 国内規格
 - 7.1.1 GB / T 4181-2017「モリブデンワイヤー」および関連要件
 - 7.1.2 GB/T 3462-2017
 - 7.1.3 GB/T 4197-2011
 - 7.1.4 その他の関連する国内規格
- 7.2 国際規格
 - 7.2.1 ASTM B387-18
 - 7.2.2 溶射材料の ISO20407 仕様
 - 7.2.3 溶射用 ISO14919 ワイヤー
 - 7.2.4 その他の国際規格
- 7.3 業界標準とエンタープライズ仕様
 - 7.3.1 非鉄金属業界標準
 - 7.3.2 溶射業界標準
 - 7.3.3 内部品質管理仕様
- 7.4 標準比較と適用性分析
 - 7.4.1 国内外の規格の違い
 - 7.4.2 標準アプリケーションのシナリオと選択

第8章:モリブデンスプレーワイヤーの試験と品質管理

- 8.1 原材料試験
 - 8.1.1 化学組成分析
 - 8.1.2 粒子サイズと形態の検出
 - 8.1.3 不純物含有量の検出
- 8.2 モリブデン線の品質検査
 - 8.2.1 寸法精度と公差
 - 8.2.2 表面欠陥と粗さの検出
 - 8.2.3 機械的特性試験
- 8.3 スプレーコーティング検査
 - 8.3.1 コーティングの厚さと均一性
 - 8.3.2 コーティング接着試験
 - 8.3.3 微細構造と空隙率解析
- 8.3.4 耐腐食性と耐高温性

著作権および法的責任に関する声明

- 8.3.5 熱衝撃性能
- 8.4 試験技術と設備
 - 8.4.1 蛍光 X 線(XRF)
 - 8.4.2 SEM および EDS 分析
 - 8.4.3 硬さ試験(ビッカース、ロックウェル)
 - 8.4.4 超音波およびレーザー厚さ試験
 - 8.4.5 その他の高度な検出技術
- 8.5 品質マネジメントシステム
 - 8.5.1 ISO 9001 認証
 - 8.5.2 テストレポートとトレーサビリティ
 - 8.5.3 欠陥分析と改善

第9章 開発動向と将来展望

- 9.1 技術開発動向
 - 9.1.1 新しいスプレー材料とプロセス
 - 9.1.2 インテリジェントでデジタルな生産
 - 9.1.3 複合コーティング技術
- 9.2 市場の需要とアプリケーションの拡大
 - 9.2.1 新興産業の可能性
 - 9.2.2 グローバル市場動向分析
- 9.3 環境保護と持続可能性
 - 9.3.1 グリーンスプレー技術
 - 9.3.2 廃棄物の回収とリサイクル
- 9.4 国際技術交流・国際協力
 - 9.4.1 国際規格の調和
 - 9.4.2 国境を越えた研究開発と協力

虫垂

- A. 用語集
- B. 参考文献

第1章 はじめに

1.1 モリブデンスプレーワイヤーの定義と概念

1.1.1 モリブデンスプレーワイヤーの基本的な定義

モリブデン溶射線 は、溶射プロセスで特に使用される金属線材で、通常は高純度のモリブデン(モリブデン、化学記号 Mo、原子番号 42)で作られています。モリブデンは、高融点(約 2623°C)、高強度、耐食性、優れた熱伝導性などの特性を持つ遷移金属であり、溶射の分野では重要な材料の 1 つとなっています。溶射とは、溶かした材料や半溶融した材料を基板の表面に高速に溶射することで、特定の機能を持つコーティング層を作り出す表面工学技術です。溶射の原料として、モリブデン溶射線は通常、アーク溶射または火炎溶射の形で使用され、その主な目的は、基板の表面に耐摩耗性、高温、または耐食性のモリブデンコーティングの層を形成することです。

モリブデン溶射線の典型的な形態は、溶射装置とプロセス要件に応じて、通常直径 1.0mm から 3.2mm の細い金属線です。モリブデンワイヤーは、スプレープロセス中にスプレーガンによって熔融状態または半熔融状態に加熱され、その後、圧縮ガス(窒素や空気など)によってターゲット基板上に加速され、均一なコーティングが形成されます。このようなコーティングは、通常、硬度が高く、摩擦係数が低く、接着強度が良好であるため、基板の表面特性を大幅に向上させることができます。

1.1.2 モリブデンの物理的および化学的性質

モリブデンのユニークな物理的および化学的特性は、コーティング材料としての使用の基礎です。モリブデンの密度は 10.28 g/cm³で、タングステン(19.25 g/cm³)よりも低いですが、多くの一般的な金属よりも高いため、モリブデンコーティングは重量と性能のバランスが取れています。モリブデンは、タングステン、レニウムに次ぐ 2623°C の高融点を有しており、高温でも構造安定性と機械的強度を維持することができます。さらに、モリブデンは、特に非酸化性の環境において、他の多くの金属よりも酸、アルカリ、および特定の腐食性ガスに対して耐性があります。

モリブデンは熱膨張係数が低い(約 $4.8 \times 10^{-6}/K$)ため、温度変化が激しい環境では、モリブデンコーティングと基板との間の熱応力が少なく、コーティングの亀裂や剥離のリスクが軽減されます。また、モリブデンは電気伝導性、熱伝導性が良好(熱伝導率約 138W/m・K)であるため、モリブデン溶射線で形成されたコーティングは、熱伝導性または電気伝導性が必要な用途で有利です。さらに、モリブデンは特定の条件下で、特に高温または真空中で自己潤滑性であるため、その適用シナリオがさらに拡大します。

1.1.3 モリブデンスプレーワイヤーの調製プロセス

モリブデンスプレーワイヤーの調製には、その高純度と一貫した物理的特性を確保するために複数のプロセスが必要です。モリブデンワイヤーは通常、粉末冶金技術によって調製され、具体的な手順は次のとおりです。

モリブデン濃縮物の抽出:モリブデン濃縮物は、モリブデン鉱石(モリブデンなど)から抽出

[著作権および法的責任に関する声明](#)

され、浮選と化学精製によって不純物を除去します。

モリブデン粉末の製造:モリブデン濃縮物を焙煎して酸化モリブデン(MoO_3)を生成し、水素還元により高純度のモリブデン粉末を得る。

モリブデンピレット成形:モリブデン粉末をロッドまたはプレートブランクにプレスし、高温で焼結して密度を高めます。

伸線:熱間鍛造、圧延、および複数の伸線プロセスを通じて、モリブデンピレットはフィラメントに加工され、スプレーに必要な直径と表面仕上げを実現します。

表面処理:モリブデンワイヤーは、その機械的特性とスプレー効果を最適化するために、洗浄、焼きなまし、またはドーピングされます。

モリブデン ワイヤーの純度は、通常、スプレー コーティングの品質を確保するために 99.95% 以上に達する必要があります。一部のモリブデンスプレーワイヤーには、高温酸化または延性に対する耐性を向上させるために、少量の元素(ランタン、セリウム、カリウムなど)をドーピングすることができます。

1.1.4 溶射におけるモリブデン溶射線の役割

溶射工程では、モリブデン線をアーク溶射または火炎溶射装置によって溶射ガンに供給し、加熱すると熔融液滴または半熔融粒子を形成します。これらの粒子は、高速の気流の作用下で基板の表面に衝突し、急速に冷却されて固化し、緻密なコーティングを形成します。モリブデンコーティングの主な機能は次のとおりです。

摩耗保護:モリブデンコーティングの硬度が高い(モース硬度で約 5.5)ため、機械的摩耗に対して効果的です。

高温保護:モリブデンは融点が高いため、航空エンジンのタービンブレードなどの高温環境でのコンポーネントでの使用に適しています。

腐食防止:モリブデンは特定の化学物質に対する耐食性を備えているため、化学機器や海洋環境での使用に適しています。

自己潤滑性:モリブデンコーティングは、高温または真空環境で酸化モリブデン(MoO_3)を形成でき、摩擦係数が低いため、摺動部品での使用に適しています。

1.1.5 モリブデンスプレーワイヤーと他のスプレー材料との比較

ニッケル基合金、タングステン、セラミックスなどの一般的なスプレー材料と比較して、モリブデンスプレーワイヤーには次の利点があります。

費用対効果:モリブデンは、タングステンや一部の貴金属よりも安価ですが、同様の性能を持ち、大規模な産業用途に適しています。

汎用性:モリブデンコーティングは、摩耗、高温、および腐食に耐性があり、幅広い用途に適しています。

加工の容易さ:モリブデンワイヤーの延性により、さまざまな仕様に引き込み、さまざまな噴霧装置に適応することが容易になります。

しかし、モリブデンは酸化性雰囲気中で揮発性酸化物(MoO_3)が形成されやすいため、一部の高温酸化環境での用途は限られています。対照的に、セラミックコーティングは耐酸化性

[著作権および法的責任に関する声明](#)

の点で優れているかもしれませんが、モリブデンコーティングほど脆く、強い結合強度を持っていません。

1.1.6 モリブデンスプレーワイヤーの仕様と分類

モリブデン スプレー ワイヤーは、用途とプロセスの要件に応じてさまざまな仕様に分けることができ、一般的な分類には次のものがあります。

純粋なモリブデンワイヤー: 純度 $\geq 99.95\%$ で、標準的なスプレープロセスで使用されます。

ドーパされたモリブデンワイヤー: ランタン(La)、セリウム(Ce)、カリウム(K)などの元素をドーパして、耐酸化性または延性を向上させます。

直径の分類:一般的な直径には、1.0mm、1.6mm、2.0mm、3.2mm などがあり、さまざまな噴霧装置に適しています。

表面処理の分類:黒色モリブデン線(未洗浄、表面に酸化物層がある)や白色モリブデン線(洗浄後の表面が明るい)など。

これらの分類により、モリブデン溶射線は、航空宇宙、自動車製造、エネルギー機器など、さまざまな産業用途のニーズを満たすことができます。

1.2 モリブデン溶射線の歴史的進化

1.2.1 モリブデンの発見と早期応用

モリブデンの発見は 18 世紀にさかのぼります。1778 年、スウェーデンの化学者カール・

ヴィルヘルム・シェーレは、モリブデンから酸化モリブデンを最初に分離し、「モリブデン」(ギリシャ語の「モリブドス」に由来し、鉛のような物質を意味する)と名付けました。

1781 年、スウェーデンの化学者ピーター・ヤコブ・イエルクは、炭素還元によって初めてモリブデン金属を調製し、モリブデンの工業的応用の基礎を築きました。

19 世紀の終わりに、モリブデンは鋼の強度と耐食性を向上させるために、鉄鋼業界の合金元素として使用され始めました。ただし、モリブデンの精製および処理技術には制限があるため、その適用範囲は比較的狭く、主に冶金分野に限定されています。20 世紀初頭まで、粉末冶金と伸線技術の進歩に伴い、モリブデン線の調製が可能になり、噴霧の分野でのその適用のための条件が提供されました。

1.2.2 溶射技術の起源

溶射技術は、20 世紀初頭に始まりました。1910 年、スイスのエンジニア、マックス・ウ

ルリッヒ・スクープは、可燃性ガスを燃焼させることにより、金属粉末またはワイヤーを溶かして基板の表面に噴霧する火炎噴霧技術を発明しました。この技術の出現は、モリブデンスプレーワイヤーの適用の可能性を提供します。1920 年代には、電気アークを使用してワイヤーを加熱して熔融液滴を生成するアーク溶射技術が導入され、溶射効率とコー

[著作権および法的責任に関する声明](#)

ティング品質がさらに向上しました。

初期の溶射では、主に亜鉛やアルミニウムなどの溶融性金属を防錆コーティングに使用していました。融点の高い金属として、溶射へのモリブデンの適用は遅れて始まり、超合金と航空宇宙産業の発展に伴い、モリブデン線の溶射適用が徐々に注目を集めたのは 20 世紀半ばまでではありませんでした。

1.2.3 モリブデン溶射線の初期開発

20 世紀の 50 年代には、モリブデンスプレーワイヤーが産業分野で出現し始めました。米国の航空宇宙産業は、高温と摩耗の問題に対処するために、タービンブレードと燃焼室部品にモリブデンコーティングを適用する先駆者です。モリブデンは融点が高く、耐摩耗性が高いため、特にガスタービンやジェットエンジンに理想的なコーティング材料です。同時に、ヨーロッパと日本の業界は、ピストンリングやベアリングの耐摩耗性コーティングなど、機械製造におけるモリブデンワイヤー溶射の応用を模索し始めました。

この期間中、モリブデン溶射線の調製技術はまだ比較的粗く、モリブデン線の純度と表面品質が不安定であったため、コーティング特性に大きな変動が生じました。1960 年代に入ると、真空溶解技術や水素還元技術の進歩により、モリブデン線の純度が大幅に向上し、スプレーコーティングの接着強度や耐久性が向上しました。

1.2.4 現代のモリブデンスプレーワイヤー技術の開発

20 世紀の 70 年代以降、溶射技術は急速な発展の段階に入りました。プラズマ溶射と高速火炎溶射(HVOF)の出現により、溶射コーティングの品質が大幅に向上し、モリブデンコーティングをより要求の厳しい環境で使用できるようになりました。たとえば、高速フレイム溶射は、より高密度のモリブデンコーティングを作成し、多孔性を減らし、コーティングの基材への接着強度を向上させることができます。

同じ時期に、モリブデンワイヤーのドーピング技術にブレイクスルーが見られました。ランタンまたはセリウムをドーピングしたモリブデンワイヤーは、高温環境での優れた耐酸化性と延性を示し、モリブデンスプレーワイヤーの適用分野を拡大します。1980 年代、モリブデンスプレーワイヤーは、耐摩耗性のピストンリングやシンクロナイザーリングを製造するために自動車業界で広く使用され始め、部品の耐用年数を大幅に延ばしました。

1.2.5 中国におけるモリブデン溶射線の開発

中国のモリブデン産業は遅れて始まりましたが、急速に発展しています。20 世紀の 60 年代に、中国はモリブデンからモリブデンを抽出し始め、徐々にモリブデンワイヤーの生産能力を確立しました。1980 年代には、改革開放と産業近代化の進展に伴い、中国のモリブデン製品企業は外国の高度な伸線および噴霧装置を導入し始め、モリブデン噴霧ワイヤーの製造と応用は急速な発展の時期に入りました。

1990 年代に入ると、中国は世界最大のモリブデン生産国となり、モリブデン線の生産技術は徐々に成熟していきました。技術革新を通じて、中国の主要なモリブデン製品企業は、国内外の噴霧市場のニーズを満たすために、高純度モリブデンワイヤーとドーピングモリブデ

[著作権および法的責任に関する声明](#)

ンワイヤーを開発しました。2000 年以降、中国のモリブデンスプレーワイヤーはヨーロッパ、アメリカ、東南アジア市場に輸出され始め、世界のモリブデン製品サプライチェーンの重要な部分になりました。

1.2.6 モリブデン線のコーティングにおけるマイルストーン

1910 年:溶射技術が発明され、モリブデン溶射線の適用の基礎が築られました。

1950 年代:モリブデンワイヤースプレーは、航空宇宙分野で最初に使用されました。

1970 年代:プラズマ溶射と高速火炎溶射技術により、モリブデンコーティングの性能が向上しました。

1980 年代:コーティングの耐酸化性を向上させるためのドーピングモリブデンワイヤーの開発。

2000 年以降、中国は世界のモリブデンワイヤー生産とスプレー技術の重要な拠点になりました。

1.3 モリブデンスプレーワイヤーの工業的価値と応用の見通し

1.3.1 モリブデン溶射線の工業的価値

溶射技術の中核材料として、モリブデン溶射ワイヤーの工業的価値は、その独自の物理的および化学的特性、幅広い応用シナリオ、および現代産業の効率と持続可能性への貢献に反映されています。モリブデンの高い融点、高い硬度、耐食性、自己潤滑性により、表面工学の分野ではかけがえのないものとなっています。以下は、その産業価値を多次元から詳細に分析したものです。

1.3.1.1 コンポーネントの耐久性と寿命を向上させる

モリブデンスプレーワイヤーによって形成されたコーティングは、その高い硬度(モース硬度で約 5.5~6.0)と耐摩耗性により、機械部品の耐用年数を大幅に延ばします。例えば、自動車業界では、ピストンリングやシンクロナイザーリングは、高周波摩擦や高温環境に長時間さらされるエンジンやトランスミッションの重要な部品です。従来のコーティングされていないピストンリングは、高負荷で数千時間摩耗する可能性があります。モリブデンコーティングされたピストンリングは、その寿命を 2~3 倍に延ばすことができ、場合によっては 100,000km 以上の耐用年数を示します。この耐久性の向上により、メンテナンスコストと機器のダウンタイムが直接削減されます。

さらに、高温環境でのモリブデンコーティングの安定性は、航空宇宙産業で大きな価値をもたらします。例えば、ガスタービンのタービンブレードは 1000°C を超える燃焼環境で動作し、モリブデンコーティングは熱疲労や摩耗に強く、ブレードの寿命を延ばす効果があります。業界のデータによると、モリブデンコーティングされたタービンブレードのメンテナンス間隔を 20%~30%延長でき、航空エンジンの全ライフサイクルコストを大幅に削減できます。

著作権および法的責任に関する声明

1.3.1.2 機器運用の効率を向上させる

モリブデンコーティングの摩擦係数が低い(特定の条件下では 0.1〜0.2 と低い)ため、自己潤滑性があり、機械部品の摩擦損失を大幅に低減し、機器の運用効率を向上させることができます。自動車業界では、モリブデンコーティングされたピストンリングを適用することで、エンジン内部の摩擦電力消費を削減し、燃料効率を約 1%〜2%向上させることができます。世界の年間生産量 8,000 万台に基づく、エンジンの 10%がモリブデンコーティングされたピストンリングを使用すると、毎年数百万トンの燃料を節約でき、経済的および環境的メリットは重要です。

航空宇宙分野では、ジェットエンジンの燃焼室やノズルにモリブデンコーティングが使用されており、高温での材料損失を減らし、安定した推力を確保しています。研究によると、モリブデン被覆燃焼室の熱効率は約 0.5%向上することが示されており、これは航空宇宙分野で重要であり、わずかな効率の向上でも燃料消費と運用コストを大幅に削減できます。

1.3.1.3 生産および保守コストの削減

タングステンやレニウムなどの高融点金属またはセラミックコーティングと比較して、モリブデンはより高いコストパフォーマンスを持っています。モリブデンの世界埋蔵量は比較的豊富(約 2500 万トン、そのうち中国が 50%以上を占める)であり、精製および処理コストはタングステンよりも低くなっています(約 1/2-1/3)。モリブデンスプレーワイヤーのコストはキログラムあたり約 50 ドルから 100 ドルですが、タングステンワイヤーのコストは 200 ドル以上に達する可能性があります。これにより、モリブデンコーティングは、大規模な産業用途においてより経済的に有利になります。

さらに、モリブデンコーティングの修復特性は、その重要な値の 1 つです。摩耗したモリブデンコーティングは、部品を丸ごと交換することなく、再溶射することで補修が可能です。例えば、重機のベアリング修理では、モリブデンコーティングを施すことで、ダウンタイムを短縮しながら修理コストを 50%以上削減することができます。この修復性は、大規模な機器の交換に費用と時間がかかる鋁業、鉄鋼、エネルギー業界では特に重要です。

1.3.1.4 環境保護と持続可能な開発の要件を満たす

モリブデンは、EU RoHS 指令および REACH 規制の要件を満たす、無毒で環境に優しい金属材料です。従来の鉛ベースまたはカドミウムベースのコーティングと比較して、モリブデンコーティングは製造および使用中に有害物質を放出せず、環境や人間の健康に無害です。また、モリブデンコーティングの耐久性により、部品交換の頻度が減り、資源消費や廃棄物の発生が削減されるなど、グリーンモノマニュファクチャリングの考え方にも通じています。

エネルギー効率の面では、モリブデンコーティングの自己潤滑性により、潤滑油の使用が減少します。例えば、自動車のエンジンでは、モリブデンコーティングされたピストンリングにより、潤滑油の消費量を約 10%削減でき、廃油処理コストを削減できます。これ

[著作権および法的責任に関する声明](#)

は、低炭素経済と循環型経済を世界的に推進する上で大きな意味を持ちます。

1.3.1.5 産業インテリジェンスと効率を促進する

インダストリー4.0の進展に伴い、スマートマニュファクチャリングのための高性能材料の需要が高まっています。モリブデン溶射線の精密な加工とコーティングの均一性により、精密製造の要件を満たすことができます。たとえば、ロボットジョイントや高速切削工具では、モリブデンコーティングにより摩擦と熱の蓄積を減らし、動作精度と工具寿命を向上させることができます。研究によると、モリブデンコーティングされた切削工具の寿命は30%~50%延長でき、自動化された生産ラインで大きな利点があります。

また、モリブデンコーティングの導電性(抵抗率約 $5.5 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$)と熱伝導率(約138W/m

・K)は、電子・エネルギーデバイスにおいてユニークな製品となっています。例えば、半導体製造装置では、電極や熱伝導性部品にモリブデンコーティングを施すことで、装置の安定性や放熱効率を向上させることができます。

1.3.2 主な応用分野

モリブデンスプレーワイヤーのコーティングは、その汎用性により多くの産業分野で広く使用されており、以下はその主な適用シナリオの詳細な分析です。

1.3.2.1 航空宇宙

航空宇宙は、モリブデンスプレーワイヤーの最も重要なアプリケーション分野の1つです。モリブデンコーティングは、主にタービンブレード、燃焼室、ノズル、ガイドベーンなどの高温部品に使用されます。例えば、ボーイング737型機やエアバスA320型機のターボファンエンジンでは、タービンブレードを摩耗から保護し、1200°C以上で安定した性能を維持するためにモリブデンコーティングが使用されています。モリブデンコーティングの熱膨張係数(約 $4.8 \times 10^{-6}/K$)はニッケル基超合金の熱膨張係数に近く、熱応力によるコーティングの剥離を低減します。

さらに、モリブデンコーティングは宇宙船の熱防護システムにも使用されています。例えば、SpaceXのStarshipの一部は、再突入時の極端な熱に耐えるためにモリブデンでコーティングされています。研究によると、真空環境でのモリブデンコーティングの自己潤滑性により、衛星アンテナの駆動機構など、宇宙船の摺動部分に特に適しています。

1.3.2.2 自動車産業

自動車産業はモリブデン溶射線の最大の市場の1つであり、世界のモリブデン溶射線の約30%が自動車部品の製造に使用されています。モリブデンコーティングは、主にピストンリング、シンクロナイザーリング、クランクシャフト、バルブなどの部品に使用されています。例えば、フォルクスワーゲン・グループでは、TSIエンジンにモリブデンコーティングされたピストンリングを多用し、燃費と耐久性を向上させています。データによる

[著作権および法的責任に関する声明](#)

と、モリブデンコーティングされたピストンリングは摩擦損失を約 15%削減し、エンジン性能を大幅に向上させることができます。

さらに、モリブデンコーティングは、新エネルギー車の分野でも可能性を秘めています。たとえば、電気自動車のモーターベアリングとトランスミッションギアにモリブデンをコーティングして、耐摩耗性と熱伝導率を向上させ、耐用年数を延ばすことができます。2030 年までに、新エネルギー車の世界生産台数は 3,000 万台を超え、モリブデンコーティングの市場需要はさらに増加すると推定されています。

1.3.2.3 エネルギー機器

エネルギー分野では、モリブデンコーティングはボイラー、熱交換器、ガスタービン、原子力機器に広く使用されています。例えば、石炭火力発電所のボイラーパイプでは、モリブデンコーティングが高温の腐食や摩耗に耐えることができ、パイプの寿命を約 2 倍に延ばすことができます。原子力発電では、モリブデンコーティングは原子炉の放射線遮蔽部品に使用されており、高密度(10.28 g/cm³)で毒性がないことから、中性子線の吸収に効果的です。

再生可能エネルギー機器もモリブデンコーティングの重要な応用分野です。たとえば、風力タービンのギアボックスのギア表面にあるモリブデンコーティングは、摩耗と潤滑を減らし、メンテナンスコストを削減します。2024 年までに世界の風力発電設備容量が 1,000GW を超える中、風力発電設備のモリブデンコーティングの需要は拡大を続けています。

1.3.2.4 機械製造

機械工学では、モリブデンコーティングは、ベアリング、ギア、金型、切削工具の表面保護に使用されます。たとえば、鋳造機械では、モリブデンコーティングされたドリルビットを使用すると、耐用年数を 50%以上延長し、機器の交換頻度を減らすことができます。射出成形金型では、モリブデンコーティングにより、プラスチックへの金型の接着性を低下させ、離型効率と製品表面品質を向上させることができます。

1.3.2.5 化学および海洋工学

モリブデンコーティングの耐食性により、化学機器やオフショアエンジニアリングで広く使用されています。例えば、石油化学反応器では、モリブデンコーティングは酸性ガスや高温腐食に耐性があり、機器の寿命を延ばします。オフショアプラットフォームや海洋機器では、モリブデンコーティングは鉄骨構造物を海水腐食から保護し、特に深海掘削プラットフォームのパイプやバルブでの使用に適しています。

1.3.2.6 医療および電子産業

医療分野では、モリブデンコーティングは、その非毒性と高密度性から、X 線装置や CT 装置の放射線遮蔽部品に使用されています。たとえば、Siemens Healthineers の CT スキャナーでは、モリブデンコーティングを使用して放射線を遮蔽し、画質と患者の安全性を確保しています。エレクトロニクス業界では、プラズマエッチング装置の電極など、半導体製造装置の熱伝導部や導電性部品にモリブデンコーティングが使われており、その熱伝導

[著作権および法的責任に関する声明](#)

性により装置の放熱効率を約 20%向上させることができます。

1.3.3 アプリケーションの見通しと市場動向

1.3.3.1 新エネルギー分野におけるポテンシャル

世界的なエネルギー転換に伴い、新エネルギー機器向けの高性能コーティングの需要は急速に高まっています。モリブデンコーティングは、風力、原子力、太陽光発電の分野で有望な未来を秘めています。たとえば、風力タービンのギアボックスのギア表面にモリブデンコーティングを施すと、摩耗が減少し、伝達効率が向上します。原子力の分野では、第 4 世代原子炉の燃料棒シェルにモリブデンコーティングを使用して、高温や放射線損傷に耐えることができます。2030 年までに、世界の新エネルギー機器市場は 1.5 兆米ドルを超え、モリブデンコーティングの需要は年平均 6%で成長すると推定されています。

1.3.3.2 スマートマニュファクチャリングとインダストリー4.0

インダストリー4.0 は、インテリジェンス、自動化、高効率を強調しており、精密製造におけるモリブデンコーティングの応用見通しは重要です。例えば、ロボットの関節では、モリブデンコーティングが摩擦や熱の蓄積を減らし、動作精度と寿命を向上させます。3D プリンティング装置では、モリブデンコーティングされたノズルは、高温溶融材料の摩耗に耐え、その耐用年数を延ばすことができます。世界のスマートマニュファクチャリング市場は 2028 年までに 5,000 億ドルに達すると予想されており、モリブデンコーティングは主要材料として恩恵を受けるでしょう。

1.3.3.3 海洋工学とグリーン船

オフショアエンジニアリングでは、耐食コーティングの需要が高まっています。モリブデンコーティングは、深海掘削プラットフォーム、洋上風力発電設備、グリーン船舶に広く使用されています。例えば、モリブデンコーティングは、船舶のプロペラの表面を保護し、海水の腐食や生物学的付着を減らし、推進効率を向上させるために使用することができます。世界のオフショア市場は 2030 年までに 2,000 億ドルに達すると予想されており、モリブデンコーティングは重要なソリューションとなります。

1.3.3.4 医療およびバイオテクノロジー

モリブデンコーティングの非毒性と生体適合性は、医療機器に可能性を秘めています。例えば、整形外科用インプラントでは、モリブデンコーティングにより、インプラントの耐磨耗性と耐食性を向上させ、インプラントの寿命を延ばすことができます。さらに、歯科用器具や手術器具でのモリブデンコーティングの使用は徐々に増加しています。世界の医療機器市場は 2027 年までに 6,000 億ドルに達すると予想されており、モリブデンコーティングの需要は今後も拡大し続けると予想されています。

1.3.3.5 市場規模と経済的利益

業界のデータによると、世界のモリブデン市場規模は 2024 年に約 50 億ドルになり、そのうちモリブデンスプレーワイヤーがシェアの約 10%を占めています。2030 年までに、モリブデンスプレーワイヤー市場は年平均 5.5%で成長し、8 億ドルに達すると予想されています。世界最大のモリブデン生産国である中国は、世界の生産量の 50%以上を占めており、多くの中国企業は、技術革新と大規模生産を通じて世界のモリブデンスプレーワイヤ

[著作権および法的責任に関する声明](#)

一市場の重要なサプライヤーとなっています。

1.3.4 ケーススタディ

1.3.4.1 航空宇宙ケース:GE アビエーション

ゼネラル・エレクトリック(GE)アビエーションは、タービンブレードの摩耗保護のために、GEnx エンジンにモリブデンコーティングを幅広く使用しています。ボーイング 787 ドリームライナーには GEnx エンジンが搭載されており、モリブデンコーティングにより、高温高圧環境下でもタービンブレードを安定させ、メンテナンス間隔を 25%延長しています。このアプリケーションにより、GE Aviation は毎年数億ドルのメンテナンスコストを節約しています。

1.3.4.2 自動車産業の事例:フォルクスワーゲン

Volkswagen は、1.4L TSI エンジンにモリブデンコーティングされたピストンリングを採用し、燃費と耐久性を大幅に向上させた。モリブデンコーティングされたピストンリングは、摩擦損失を 15%低減し、エンジン寿命を 150,000km 以上に延ばすことがテストで示されています。この技術は、フォルクスワーゲングループのいくつかのモデルに展開されており、全世界で年間 500 万台以上を生産しています。

1.3.4.3 エネルギー機器ケース:シーメンス風力発電

Siemens Gamesa は、洋上風力ギアボックスにモリブデンコーティングを使用して、ギアの摩耗と潤滑剤の使用量を削減しています。テストでは、モリブデンコーティングされたギアの寿命が 40%長くなり、メンテナンスコストが 30%削減されることが示されています。この技術は、世界中のいくつかの洋上風力発電プロジェクトに適用されています。

1.4 国内外のモリブデンスプレーワイヤーの研究と技術状況

1.4.1 国内研究の現状

世界最大のモリブデン生産国(2024 年に約 150,000 トン、世界全体の 50%を占める)として、中国はモリブデンスプレーワイヤーの研究開発と応用において大きな利点を持っています。国内の研究機関や企業は、モリブデンワイヤーの調製、スプレープロセスの最適化、コーティング性能の向上において重要な進歩を遂げています。以下は、中国における研究の現状を詳細に分析したものである。

1.4.1.1 主要な研究機関

中国科学院金属研究所:研究所の表面工学チームは、モリブデンベースのコーティングの研究に焦点を当てており、ランタン(La)とセリウム(Ce)をドーピングしたモリブデンワイヤー調製技術を開発しました。その結果、1000°C の酸化性雰囲気下で 1%ランタンをドーピングしたモリブデン線の耐酸化性が 30%向上し、コーティング寿命が 50%延長されることが示されました。さらに、研究所はモリブデンコーティングの微細構造を研究し、粒径(10-50nm)を制御することにより、コーティングの硬度と接着強度を向上させました。

北京科技大学:同大学の材料科学工学部は、プラズマ溶射と高速火炎溶射(HVOF)技術がモリブデンコーティングの性能に及ぼす影響を研究しています。実験結果は、HVOF プロセ

[著作権および法的責任に関する声明](#)

スによって形成されたモリブデンコーティングの多孔性が 1%未満に減少し、結合強度が 80 MPa に達することを示しており、これは従来のアーク溶射よりも大幅に優れています (多孔性は約 5%、結合強度は約 50 MPa)。

清華大学:清華大学の材料学部は、超高速の粒子衝撃によって高密度コーティングを形成し、熱応力と酸化物の形成を低減するモリブデンコーティングを調製するためのコールドスプレー技術を開発しました。コールドスプレーモリブデンコーティングは、高精度の部品用途向けに HV800 硬度まで対応しています。

1.4.1.2 主要企業

CTIA GROUP LTD.:中国の大手モリブデン製品会社として、Chinatungsten Online は、高純度モリブデンワイヤー(純度 $\geq 99.95\%$)の生産に焦点を当て、直径 1.0~3.2mm のモリブデンスプレーワイヤーを提供しています。

1.4.1.3 研究の焦点

ドーピング技術:希土類元素またはアルカリ金属(カリウムなど)をドーピングして、モリブデンワイヤーの高温耐酸化性と機械的特性を改善します。例えば、0.8%セリウムをドーピングしたモリブデン線は、1200°C で酸化速度を 40%低下させます。

スプレープロセスの最適化:プラズマスプレーと HVOF プロセスパラメータの最適化、スプレー距離(100-150mm)、ガス流量(50-80 L/min)、電流強度(400-600 A)などの最適化を研究して、コーティングの多孔性を減らし、接着強度を向上させます。

グリーン製造:低エネルギー噴霧装置と環境に優しいモリブデンコーティングプロセスを開発して、噴霧プロセスでの排気ガスとエネルギー消費を削減します。例えば、スプレーガスとしてアルゴンの代わりに窒素を使用することで、約 15%のコストダウンが可能となります。

1.4.1.4 適用事例

高速レールブレーキシステム:CRRC の EMU ブレーキディスクはモリブデンコーティングを採用しており、耐摩耗性と高温耐性が 50%向上し、ブレーキディスクの寿命を 10 年に延長します。

石油化学機器:Sinopec は、酸性ガス腐食に耐えるために接触分解ユニットのパイプラインにモリブデンコーティングを適用し、パイプラインの寿命を 3 倍に延長しました。

1.4.2 海外研究の現状

海外、特に米国、ドイツ、日本でのモリブデンスプレーワイヤーの研究と応用は早く始まり、関連技術は世界をリードしています。以下は、海外での研究の現状を詳細に分析したものです。

1.4.2.1 主要な研究機関および企業

著作権および法的責任に関する声明

Praxair、米国:溶射技術の世界的リーダーである Praxair は、気孔率が 0.5%未満で、最大 100MPa の接着強度を持つモリブデンコーティングを製造できるプラズマ溶射システムを開発しました。同社は、 Al_2O_3 などのセラミック粒子を添加することにより、コーティングの硬度と耐摩耗性を向上させるために、モリブデンベースの複合コーティングを調査しました。

Höganäs(ドイツ):Höganäs は、モリブデンベースの複合コーティングの開発に注力しており、モリブデンとニッケルベースの合金のハイブリッド溶射プロセスを研究して、耐摩耗性と耐食性を兼ね備えたコーティングを形成しています。同社の製品は、ヨーロッパの自動車およびエネルギー機器市場で広く使用されています。

日本の東芝:東芝は、航空宇宙分野でのモリブデンコーティングの高温耐酸化性を研究し、イットリウム(Y)をドーブしたモリブデンワイヤーを開発しました。これにより、1300°C で耐酸化性が 40%向上します。東芝のモリブデンコーティングは、ガスタービンの燃焼室に使用され、部品の寿命を約 30%延ばしています。

マサチューセッツ工科大学(MIT):MIT の材料科学研究所は、コーティングの粒径(5-20nm)を制御することにより、硬度(HV900)と耐摩耗性を向上させるためのナノスケールのモリブデンコーティングの調製を調査しました。ナノモリブデンコーティングは、半導体装置に広く使用されています。

1.4.2.2 研究の焦点

複合コーティング:モリブデンとセラミックス(ZrO_2 、 Al_2O_3 など)や金属(Ni、Cr など)との複合コーティングにより、コーティングの汎用性を向上させる研究。例えば、モリブデン- Al_2O_3 複合コーティングは、HV1000 の硬度と耐摩耗性の 50%向上を達成することができます。

ナノコーティング:ナノスケールのモリブデンコーティングは、コールドスプレーとレーザーアシストスプレー技術によって調製され、多孔性と表面粗さ($\text{Ra} \leq 0.1\mu\text{m}$)を低減し、コーティング性能を向上させます。

インテリジェントスプレー:人工知能とセンサー技術を組み合わせて、スプレーパラメータ(温度、気流速度など)をリアルタイムで監視する自動スプレー装置を開発し、コーティングの一貫性と生産効率を向上させます。

1.4.2.3 適用事例

ボーイング:ボーイング 787 のターボファンエンジンはモリブデンコーティングされたタービブレードを使用しており、高温性能が 20%向上し、メンテナンス間隔が 25%延長されます。

三菱重工業:三菱重工業は、ガスタービンの燃焼室にモリブデンコーティングを施すことで、1400°C の高温腐食に耐え、部品の寿命を 40%延ばしました。

著作権および法的責任に関する声明

1.4.3 技術的な状況と課題

1.4.3.1 最先端の技術

現在、モリブデンスプレーワイヤーの技術は比較的成熟しており、主な技術的特徴は次のとおりです。

高純度モリブデンワイヤー:世界の主流のモリブデンスプレーワイヤーの純度は 99.95%以上に達し、一部のドーピングモリブデンワイヤーの耐酸化性は大幅に向上しています。

高度な溶射プロセス:プラズマ溶射および HVOF プロセスは、気孔率が 1%未満、結合強度が 80~100MPa のモリブデンコーティングを形成できます。

自動生産:インテリジェントな噴霧装置は、センサーを介して噴霧パラメータを監視し、コーティングの厚さの均一性は $\pm 5\mu\text{m}$ 以内に制御されます。

1.4.3.2 技術的な課題

不十分な耐酸化性:モリブデンは、高温酸化性雰囲気中で揮発性酸化物(MoO_3)を形成しやすいため、一部の高温環境での用途が制限されます。

コーティングの多孔性:従来のアーク溶射によるモリブデンコーティングは、高い気孔率(3%-5%)を持ち、耐久性と耐食性に影響を与えます。

コスト管理:高純度モリブデン線の製造コストは高く(約 50~100 米ドル/kg)、精製および延伸プロセスをさらに最適化する必要があります。

複雑な基材の適応性:モリブデンコーティングの均一性は、非平坦または複雑な形状の基材で制御するのが難しく、新しいスプレー装置を開発する必要があります。

1.4.4 今後の研究の方向性

1.4.4.1 新しいドーピング技術

より効率的なドーピング元素(イットリウム、セリウム、ジルコニウムなど)とドーピングプロセスを開発して、モリブデンワイヤーの耐酸化性と延性を改善します。例えば、0.5%ジルコニウムをドーピングしたモリブデン線の酸化速度は、1400°C で 50%低減することができます。

1.4.4.2 高度な噴霧技術

コールドスプレーとレーザーアシストスプレー技術を推進して、コーティング中の熱応力と酸化物の形成を減らします。コールドスプレーモリブデンコーティングは、0.2%という低い気孔率と最大 120MPa の結合強度で使えるため、高精度のアプリケーションに適しています。

1.4.4.3 インテリジェントでグリーンな製造

機械学習を使用してスプレーパラメータを最適化し、コーティングの一貫性を向上させるインテリジェントなスプレーシステムを開発します。エネルギー消費と排気ガスを削減するための環境にやさしい噴霧プロセスの研究。例えば、再生可能エネルギーを動力源とする噴霧装置は、炭素排出量を 20%削減することができます。

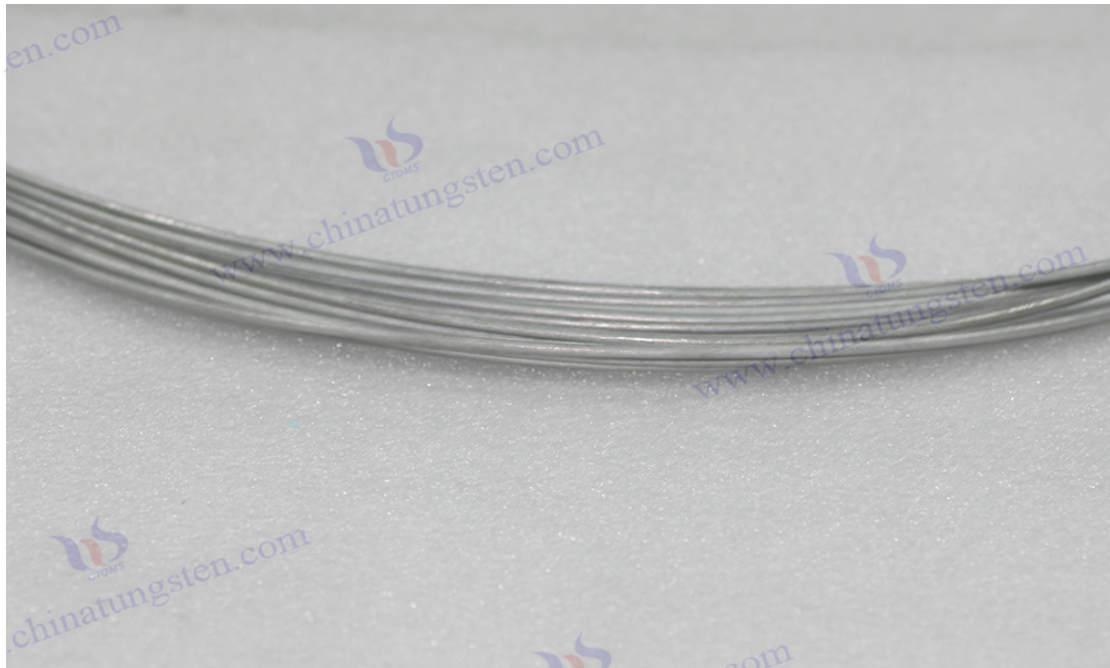
著作権および法的責任に関する声明

1.4.4.4 複合コーティングとナノコーティング

モリブデンベースの複合コーティングとナノコーティングを研究し、セラミック、金属、またはその他の高性能材料と組み合わせて多機能コーティングを形成します。例えば、モリブデン-ZrO₂複合コーティングは、耐摩耗性を最大 60%向上させることができ、航空宇宙およびエネルギー用途に適しています。

1.4.4.5 学際的な応用

生物学、新エネルギー、エレクトロニクスにおけるモリブデンコーティングの応用を探ります。例えば、フレキシブル電子デバイスでは、モリブデンコーティングを導電性フィルムの調製に使用することができます。生物学的インプラントでは、モリブデンコーティングにより耐食性と生体適合性が向上します。



CTIA GROUP LTD モリブデンスプレーワイヤー

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

著作権および法的責任に関する声明

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

第2章 モリブデンスプレーワイヤーの特性

2.1 モリブデン溶射線の物性

モリブデンスプレーワイヤーの物理的特性は、高温、高圧、および複雑な作業条件下での適用性を決定する熱噴霧材料の基礎です。高融点遷移金属として、モリブデンは優れた熱伝導率、低熱膨張係数、高密度を備えているため、航空宇宙、自動車産業、エネルギー機器で広く使用されています。以下は、融点と熱伝導率、密度と硬度、熱膨張係数と熱安定性、伝導率と抵抗率の4つの側面からの詳細な分析です。

2.1.1 モリブデン溶射線の融点と熱伝導率

モリブデンの融点は 2623°C (4753°F) で、一般的な金属の中ではタングステン (3422°C) とレニウム (3186°C) に次ぐもので、鉄 (1538°C) やニッケル (1455°C) よりもはるかに高いです。この高融点により、モリブデン溶射線は超高温環境下でも構造的に安定しており、特に航空エンジンのタービンブレード、ガスタービン燃焼室、石油化学反応器などの高温部品の表面コーティングに適しています。例えば、モリブデン溶射ワイヤで形成されたコーティングは、ガスタービン内の最大 1400°C の過渡的な高温に耐え、溶融や大幅な軟化を伴わずに済みます。

溶射プロセスでは、モリブデンワイヤーは電気アークまたは炎によって溶融または半溶融状態に加熱されます。融点が高いということは、溶射装置に高いエネルギー入力が必要であることを意味します(例えば、プラズマ溶射は最大 $15,000^{\circ}\text{C}$ の温度に達することがあります)が、溶射プロセス中に溶融モリブデン粒子が高粘度を維持することも保証し、緻密なコーティングをもたらします。結果は、モリブデンコーティングの融点特性により、高温酸化性雰囲気である程度の安定性を維持できることを示していますが、ドーピングまたは複合コーティングによって耐酸化性をさらに向上させる必要があります。

熱伝導率:モリブデンの熱伝導率は $138\text{W/m}\cdot\text{K}$ (20°C 時) で、鋼 (約 $50\text{W/m}\cdot\text{K}$) よりは高く、

銅 (約 $400\text{W/m}\cdot\text{K}$) よりは低いです。この特性により、モリブデンコーティングは、迅速な熱放散が必要なシナリオで有利になります。例えば、半導体製造装置用のプラズマエッチング装置では、モリブデン被覆電極を効率よく熱伝導し、装置の過熱を防ぎ、運転安定性を向上させることができます。熱伝導率は、スプレー中の液滴の冷却速度にも影響し、熱伝導率が高いほど、液滴が基板の表面ですばやく固化し、コーティングの熱応力と多孔性が減少します。

実際には、モリブデンコーティングの熱伝導率は高温でわずかに減少します。例えば、 1000°C では、モリブデンの熱伝導率は約 $110\text{W/m}\cdot\text{K}$ に低下しますが、それでもほとんどの産業ニーズには十分です。対照的に、セラミックコーティング (熱伝導率が約 $2\text{W/m}\cdot\text{K}$ のジルコニアなど) は熱伝導率が低く、熱蓄積しやすいのに対し、モリブデンコーティングは熱伝導率と機械的強度のバランスにより多くの利点があります。

著作権および法的責任に関する声明

2.1.2 モリブデン溶射線の密度と硬度

密度モリブデンの密度は 10.28 g/cm^3 で、タングステン (19.25 g/cm^3) よりも低く、ニッケル (8.91 g/cm^3) や鉄 (7.87 g/cm^3) よりも高くなっています。この中密度は、重量と性能のバランスが取れているため、軽量性が求められる航空宇宙産業や自動車産業の部品に特に適しています。例えば、自動車のピストンリングでは、モリブデンコーティングにより、重量を大幅に増やすことなく優れた耐摩耗性を実現しています。

モリブデンコーティングの密度は、その噴霧品質に直接影響します。密度が低いと、噴霧プロセス中に液滴が良好な流れを維持し、噴霧プロセス中の飛散損失が減少します。結果は、アークモリブデンスプレーワイヤによって形成されたコーティングの密度が $9.8\text{--}10.0 \text{ g/cm}^3$ に達することを示しており、これは理論値に近いものであり、コーティングが高いコンパクト性を有することを示しています。

モリブデンの硬度はモース硬度で $5.5\text{--}6.0$ (ピッカース硬度で約 $200\text{--}250$) であり、噴霧によって形成されるモリブデンコーティングの硬度は、噴霧プロセスと後処理にもよりますが、通常は $\text{HV}300\text{--}500$ です。例えば、高速フレイム溶射 (HVOF) プロセスでは、最大 $\text{HV}450$ の硬度のモリブデンコーティングを形成できますが、プラズマ溶射コーティングは通常 $\text{HV}350$ 程度です。モリブデンコーティングの硬度が高いため、機械的摩耗に強く、ピストンリング、ベアリング、切削工具などの高摩擦部品に特に適しています。

硬度は、コーティングの微細構造にも密接に関連しています。モリブデンコーティングの粒径は通常 $10\text{--}50 \mu\text{m}$ で、粒径が小さいほど硬度と耐摩耗性が向上します。ランタンやセリウムなどの希土類元素をドーピングすることで、さらに結晶粒を精製し、硬度を $\text{HV}550$ まで高めることができます。例えば、中国科学院金属研究所の研究では、 1% ランタンをドーピングしたモリブデンコーティングは、硬度が 15% 、耐摩耗性が 20% 向上することが示されました。

2.1.3 モリブデン溶射線の熱膨張係数と熱安定性

モリブデンの熱膨張係数は $4.8 \times 10^{-6} / \text{K}$ ($20\text{--}1000^\circ\text{C}$) であり、これは鋼 (約 $12 \times 10^{-6} / \text{K}$) やアルミニウム (約 $23 \times 10^{-6} / \text{K}$) よりもはるかに低く、ニッケル基超合金 (約 $5.0 \times 10^{-6} / \text{K}$) の熱膨張係数に近いです。熱膨張係数が低いと、モリブデンコーティングは急激な温度変化のある環境での熱応力を低減し、コーティングの亀裂や剥離のリスクを低減します。例えば、航空エンジンでは、モリブデンコーティングはニッケル基合金基板の熱膨張によく適合し、高温および低温サイクル中のコーティングの安定性を確保します。

溶射中、熱膨張係数は、コーティングの基板への接着の品質に影響を与えます。基板とコーティングの熱膨張係数の差が大きすぎると、高温で溶射した後にコーティングを冷却する際に大きな残留応力が発生し、コーティングが剥がれてしまいます。モリブデンコーティングは熱膨張係数が低いと、ステンレス鋼、チタン合金、超合金などの幅広い金属基板に適しています。

著作権および法的責任に関する声明

熱安定性モリブデンコーティングの熱安定性は、融点が高く、揮発性が低いからです。窒素や真空などの非酸化性雰囲気では、モリブデンコーティングは 1600°C 以上で安定しており、真空炉、電極、宇宙船の部品での使用に適しています。しかし、酸化性雰囲気では、モリブデンは 500°C を超える揮発性酸化物(MoO_3)を生成し、コーティング品質が低下します。この問題を解決するために、研究者はドーパされたモリブデンワイヤー(ドーパされたカリウムやセリウムなど)と複合コーティング(モリブデン- Al_2O_3 など)を開発し、熱安定性を向上させました。例えば、0.8%のセリウムをドーパしたモリブデンコーティングは、1000°C の酸化性雰囲気下で 30%寿命を延ばすことができます。

2.1.4 モリブデン溶射線の導電率と抵抗率

導電率:モリブデンの導電率は約 $1.8 \times 10^7 \text{ S/m}$ (20°C)で、銅($5.9 \times 10^7 \text{ S/m}$)よりも低く、ステンレス鋼(約 $1.4 \times 10^6 \text{ S/m}$)よりも高くなっています。この特性により、モリブデンコーティングは、半導体製造装置の電極や電子部品の導電層など、導電性が求められる用途で有利に働きます。モリブデンコーティングの高い導電性は、溶射中のアーク抵抗も低減し、アーク溶射プロセスを安定させるのに役立ちます。

抵抗率モリブデンの抵抗率は $5.5 \Omega \cdot 10^{-8} \text{ m}$ (20°C)で、温度がわずかに上昇(1000°Cで約 $2.0 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$)上昇します。抵抗率が低いため、モリブデンコーティングは高温環境でも良好な導電性を維持でき、高温電極や抵抗発熱体に適しています。例えば、ガラス炉の電極では、モリブデンコーティングが 1400°C で安定して電気を通すことができ、電極の寿命を約 40%延ばすことができます。

溶射プロセスでは、モリブデン線の抵抗率がアーク溶射のエネルギー効率に影響を与えます。抵抗率が低いということは、電力損失が少ないということであり、大規模な工業生産に適しています。研究によると、アーク溶射パラメータ(例:電流 400~600 A)を最適化すると、エネルギー利用が最大 15%増加することが示されています。

2.2 モリブデン溶射線の化学的性質

モリブデンスプレーワイヤーの化学的性質は、腐食環境や高温酸化条件下での性能を決定します。モリブデンの化学的不活性、耐食性、および耐酸化性(特定の条件下)により、化学機器、オフショア機器、およびエネルギー機器で広く使用されています。耐食性、耐酸化性、化学的不活性、反応性の3つの側面から分析されます。

2.2.1 モリブデン溶射線の耐食性

モリブデンは、非酸化性酸(塩酸、硫酸など)やアルカリ性溶液に対して優れた耐食性を持っています。例えば、塩酸濃度が 10%のモリブデンの腐食速度はわずか 0.01mm/年で、ステンレス(約 0.1mm/年)よりもはるかに低いです。この特性により、モリブデンコーティングは、石油化学反応器、化学パイプライン、および海洋機器の用途にとって重要です。海水中では、モリブデンコーティングは亜鉛コーティングよりも耐食性があり、塩化物イオンに耐性があり、オフショアプラットフォームの鉄骨構造保護に適しています。

[著作権および法的責任に関する声明](#)

ただし、モリブデンは硝酸などの酸化性酸の腐食に対する耐性が低く、急速に溶解する傾向があります。この問題を解決するために、研究者はニッケルまたはクロムを添加することによって耐食性を向上させるモリブデンベースの複合コーティングを開発しました。例えば、モリブデン-Ni 複合コーティングは、硝酸環境での腐食速度を 50%低減します。

2.2.2 モリブデンスプレーワイヤーの耐酸化性

モリブデンは低温(<500°C)での耐酸化性に優れていますが、揮発性酸化物(MoO_3)は高温酸化性雰囲気(>500°C)で形成されやすく、コーティング品質が劣化します。例えば、800°Cの空気中では、純粋なモリブデンコーティングは最大 0.1 mm/h の速度で酸化する可能性があるため、高温酸化環境での用途は制限されます。

抗酸化活性を向上させるために、研究者は以下を採用しました。

ドーピング技術:希土類元素(ランタン、セリウムなど)またはアルカリ金属(カリウムなど)をドーピングすると、安定した酸化物保護層を形成できます。例えば、1%ランタンをドーピングしたモリブデンコーティングは、1000°C で酸化速度を 40%低下させます。

複合コーティング:セラミック材料(Al_2O_3 、 ZrO_2 など)を添加することにより、抗酸化バリアを作成します。例えば、モリブデン- Al_2O_3 複合コーティングは、1200°C で耐酸化性が 50%向上します。

保護雰囲気:モリブデンコーティングは、窒素またはアルゴンで保護すると酸化に対して大幅に耐性が高く、真空炉や宇宙船のコンポーネントでの使用に適しています。

2.2.3 モリブデン溶射線の化学的不活性と反応性

モリブデンは室温で化学的に不活性であり、ほとんどの非金属元素(酸素、窒素など)と反応せず、水や水蒸気と有意に反応しません。この特性により、モリブデンコーティングは、ガラス炉の電極や化学反応器のライニングなど、化学的安定性が重要なシナリオで有利になります。

ただし、高温では、モリブデンは酸素、塩素、およびフッ素に対して一定の反応性を示します。例えば、600°C を超えると、モリブデンは酸素と反応して MoO_3 を形成し、コーティング損失を引き起こします。反応性を低下させるために、研究者たちは、 MoSi_2 の保護層を形成するためのシリコニゼーションなどの表面改質技術を開発し、化学的安定性を大幅に向上させました。

2.3 モリブデンスプレーワイヤーの機械的性質

モリブデン溶射線の機械的特性は、高負荷、高摩擦、複雑な応力環境での性能を決定します。モリブデンの高強度、延性、耐摩耗性により、そのコーティングは航空宇宙、自動車、および機械工学の用途のニーズを満たすことができます。以下は、引張強度と降伏強度、延性と破壊靱性、耐摩耗性、疲労性能の 3 つの側面から分析されます。

2.3.1 モリブデンスプレーワイヤーの引張強度と降伏強度

引張強度モリブデン線の引張強度は 20°C で約 800~1000MPa で、アルミニウム(約 200MPa)

著作権および法的責任に関する声明

よりもはるかに高く、タングステン(約 1500MPa)よりも低くなっています。溶射によって形成されるモリブデンコーティングの引張強度は、結晶粒の微細化や多孔性などの微細構造の変化により、通常 500〜700MPa です。高速フレイムスプレー(HVOF)プロセスにより、コーティングの引張強度が約 800MPa に増加し、より高密度のコーティングが形成されます。

降伏強度モリブデンの降伏強度は約 600〜800 MPa で、スプレーコーティングの降伏強度は通常 400〜600MPa です。降伏強度は、コーティングの変形抵抗に直接影響します。例えば、自動車のピストンリングでは、モリブデンコーティングの高い降伏強度により、高周波振動や熱応力に耐えることができ、コーティングの亀裂を防ぐことができます。

2.3.2 モリブデン溶射ワイヤーの延性と破壊靱性

可鍛性モリブデンワイヤーは延性が良好で、破断点伸びは約 10%〜15%です。ランタンなどの希土類元素をドープすると、延性がさらに向上し、例えば、1%のランタンをドープしたモリブデンワイヤーは、最大 20%の破断点伸びに達することができます。スプレーコーティングの延性は、モリブデンワイヤー本体の延性よりもわずかに低く、約 5%〜10%ですが、ほとんどの産業用途には十分です。例えば、航空エンジンのタービンブレードでは、モリブデンコーティングの延性が熱膨張と機械的振動に対応し、コーティングの剥離を低減します。

破壊靱性モリブデンコーティングの破壊靱性(K_{IC})は、通常、10〜15 MPa・m^{1/2}であり、セラミックコーティング(例えば、ジルコニア、約 5 MPa・m^{1/2})よりも低いですが、ニッケルベースのコーティング(約 8 MPa・m^{1/2})よりも高くなっています。高い破壊靱性により、モリブデンコーティングは亀裂の伝播に耐えることができ、マイニングビットや鍛造金型など、衝撃荷重の高い部品での使用に適しています。

2.3.3 モリブデン溶射線の耐摩耗性と疲労特性

耐摩耗性モリブデンコーティングの耐摩耗性は、硬度が高く、摩擦係数が低い(約 0.1〜0.2)ためです。すべり摩擦条件下では、モリブデンコーティングの摩耗率はわずか 0.01〜0.05mm³/N・m であり、これは鋼(約 0.1mm³/N・m)よりも大幅に低くなっています。例えば、自動車のシンクロナイザーリングでは、モリブデンコーティングの耐摩耗性により、部品の寿命が 3 倍に伸びます。

[著作権および法的責任に関する声明](#)

疲労特性モリブデンコーティングの疲労寿命は、ハイサイクル疲労(HCF)試験で良好に機能します。例えば、モリブデンコーティングの疲労強度は $10\mu\text{m}$ の応力下で約 400MPa であり、航空エンジンの回転部品に適しています。研究によると、多孔性の低減など、スプレープロセスを最適化することで、疲労寿命を最大 20%延ばすことができます。

2.4 スプレーコーティング性能

モリブデンスプレーワイヤーによって形成されるコーティング特性は、工業用途での有効性に直接影響します。コーティングの接着性、多孔性、耐高温性、表面特性は、コーティングの品質を評価するための重要な指標です。以下の 4 つの側面から分析します。

2.4.1 コーティングの密着性と接着強度

モリブデンコーティングの接着性は、通常、接着強度が $50\sim 100\text{MPa}$ の引張試験(ASTM C633)によって測定されます。高速フレイム溶射(HVOF)プロセスは、最大 100MPa の接着強度を持つコーティングを形成できますが、アーク溶射は通常 $50\sim 70\text{MPa}$ の接着強度を持っています。ボンドの強度は、コーティングパラメータ($100\sim 150\text{mm}$ のスプレー距離、 $50\sim 80\text{L/min}$ のガス流量など)と基材の表面処理(ブラスト粗面化など)によって異なります。

2.4.2 コーティングの多孔性と均一性

モリブデンコーティングの多孔性は、スプレープロセスにもよりますが、通常は $0.5\%\sim 5\%$ です。HVOF プロセスの空隙率は 0.5% まで低くすることができますが、アーク溶射の空隙率は約 $3\%\sim 5\%$ です。気孔率が低いと、コーティングの耐食性と耐摩耗性が向上します。膜厚の均一性を $\pm 5\mu\text{m}$ 以内に抑えており、高精度な用途に適しています。

2.4.3 高温および熱衝撃に対するコーティング耐性

モリブデンコーティングは、非酸化性雰囲気では 1600°C 以上に耐えることができますが、酸化性雰囲気では高温(約 500°C)に対する耐性は限られています。ドーピングコーティングまたは複合コーティングは、 1000°C で安定して動作するセリウムドーピングモリブデンコーティングなどの高温耐性を向上させることができます。耐熱衝撃性はホットサイクルとコールドサイクルテストで評価され、モリブデンコーティングは 1000°C から室温まで最大 500 サイクル安定でした。

2.4.4 コーティングの表面粗さと微細構造

モリブデンコーティングの表面粗さ(Ra)は通常 $0.2\sim 2.0\mu\text{m}$ であり、HVOF プロセスは $\text{Ra}\leq 0.2\mu\text{m}$ の鏡面効果を達成できます。この微細構造は、モリブデンコーティングが粒径

著作権および法的責任に関する声明

10~50µm の層状に積み重ねられた平坦な粒子で構成されていることを示しています。粒径が細かいため、硬度と耐摩耗性が向上します。

2.5 CTIA GROUP LTD モリブデン スプレー ワイヤー MSDS

製品安全データシート(MSDS)は、現在一般に安全データシート(SDS)として知られており、国際標準化機構(ISO 11014)および化学品の分類および表示に関する世界調和システム(GHS)の要件を満たす包括的な技術文書であり、物理的および化学的特性、潜在的な危険性、安全な使用に関する情報を提供します。化学物質または材料の保管、輸送、緊急治療、および関連規制。高純度金属材料として、モリブデン溶射ワイヤーは溶射プロセスで広く使用されており、その MSDS は、製造業者、ユーザー、輸送要員、および緊急対応者に包括的な安全ガイダンスを提供して、職場および輸送中の労働安全衛生基準への準拠を確保するように設計されています。

パート 1:化学物質とビジネスの識別

化学名:モリブデンワイヤー

CAS 番号:7439-98-7

推奨用途:溶射プロセス(アーク溶射、火炎溶射など)で使用され、耐摩耗性および耐高温性のコーティングを形成し、航空宇宙、自動車産業、エネルギー機器などに適しています。使用上の制限:抗酸化対策が講じられていない限り、高温酸化性雰囲気(>500°C)での使用は推奨されません。

パート 2:ハザードの概要

GHS 分類:モリブデンスプレーワイヤーは無害な化学物質であり、GHS 危険有害性分類の範囲に該当しません。

危険性カテゴリー:特定の危険性分類はありませんが、処理中または噴霧中にモリブデン粉塵または煙が発生する可能性があり、これは潜在的な吸入の危険です。

健康被害:モリブデン粉塵の長期吸入は呼吸器刺激を引き起こす可能性があり、短期間の曝露には重大な健康被害はありません。

物理的危険性:固体モリブデンワイヤーは可燃性でも爆発性でもありませんが、スプレープロセス中に高温で溶けると火災の危険性があります。

環境ハザード:重大な環境への害はなく、モリブデンは無毒の金属であり、廃棄物はリサイクルできます。

警告:注意

ハザードステートメント:

H335: 呼吸器刺激性(加工や散布による粉塵)を引き起こすおそれ。

H315: 長時間の皮膚接触により軽度の刺激が生じることがある。

注意事項:

P261: 粉塵や煙を吸い込まないようにすること。

P280: 手術の際は、保護手袋/保護メガネ/呼吸用保護具を着用すること。

P305+P351+P338: 眼に入った場合は、数分間水で洗い流し、コンタクトレンズが取り外し

著作権および法的責任に関する声明

やすい場合は取り外して、すすぎを続けること。

パート 3:構成/構成情報

化学組成:モリブデン(Mo)、純度 $\geq 99.95\%$

不純物:微量の鉄($Fe < 0.01\%$)、ニッケル($Ni < 0.005\%$)、炭素($C < 0.01\%$)などが含まれている可能性があります。

ドーピングエレメント(オプション):一部のモリブデンスプレーワイヤーには、耐酸化性または延性を向上させるために、ランタン($La < 1\%$)、セリウム($Ce < 1\%$)、またはカリウム($K < 0.1\%$)をドーピングできます。

形状:固体金属線、直径 1.0~3.2mm、滑らかな表面または微量酸化物層(黒色モリブデン線)。

パート 4:応急処置

皮膚への接触:モリブデンフィラメントやほこりが皮膚に付着した場合は、特別な処理をせずに石鹸水と水で洗い流してください。刺激が発生した場合は、すぐに医師の診察を受けてください。

アイコンタクト:モリブデンの粉塵が目に入った場合は、まぶたを持ち上げ、流水または生理食塩水で少なくとも 15 分間すすいでください。不快感が続く場合は、すぐに医師の診察を受けてください。

吸入:モリブデン粉塵やスプレーヒュームを吸入した場合は、すぐに新鮮な空気に移して気道を開いたままにしてください。呼吸困難がある場合は、酸素を投与し、医師の診察を受けてください。

誤飲:モリブデン線は固体金属であり、誤飲の可能性は非常に低いです。その場合は、すぐに医師の診察を受け、嘔吐を誘発しないでください。

応急処置要員の保護:応急処置要員は、ほこりを吸い込まないように保護手袋とマスクを着用する必要があります。

パート 5:防火対策

消火方法:モリブデン線自体は不燃性ですが、噴霧過程で高温で溶融すると火災の原因となることがあります。消火には乾燥粉末、泡消火器、炭酸ガス消火器を使用し、水の使用は禁止されています(金属粉塵爆発を引き起こす可能性があります)。

特別な危険性:酸化モリブデン(MoO_3)の煙は高温で発生する可能性があり、刺激性があり、呼吸保護具が必要です。

火災予防措置:消防士は、有毒ガスの吸入を防ぐために、全身防護服と気道陽圧マスクを着用する必要があります。

パート 6:こぼれたものの緊急治療

緊急時の措置:モリブデンワイヤーは固体材料であり、液体漏れのリスクはありません。加工や噴霧によりモリブデン粉塵が発生した場合は、粉塵の拡散を防ぐために、汚染された部分を直ちに隔離してください。

収集方法:防爆掃除機またはウェットスイープを使用してほこりを集め、ほこりを避けてください。集めた粉塵は容器に密封し、専門機関に引き渡してリサイクルする必要があります

著作権および法的責任に関する声明

ます。

環境保護:モリブデン粉塵は環境への影響が少ないですが、水域や土壤に侵入することは避けてください。

個人用保護具:ハンドラーは、吸入やほこりへの曝露を避けるために、保護メガネ、マスク、手袋を着用する必要があります。

パート 7:取り扱い、取り扱い、保管

注意 事項:

ほこりの蓄積を避けるために、換気の良い環境で操作してください。

アークスプレーガンなどの特殊なスプレー装置を使用して、静電気の火花を防ぐために機器が接地されていることを確認してください。

酸化防止対策を施さない限り、高温酸化性雰囲気(>500°C)での直接使用は避けてください。噴霧工程での粉塵拡散を防ぐための集塵システムを装備。

保管上の注意:

湿気を避けて、乾燥した換気の良い倉庫に保管してください(表面の酸化を防ぐため)。

保管温度は 5~30°C に制御され、湿度は 60%未満です。

強力な酸化剤(硝酸、塩素など)や酸性物質から遠ざけてください。

包装はビニール袋または金属製の容器に密封されており、機械的な損傷を防ぎます。

パート 8:露出制御/個人保護

エンジニアリング制御:局所排気システムまたは集塵装置を使用して、職場の空気中のモリブデン粉塵の濃度を OSHA PEL(15 mg /m³、総粉塵)未満に保ちます。

パーソナルプロテクション:

呼吸保護具:NIOSH 認定の N95 または P100 防塵マスクを高濃度の場所で着用してください。

目の保護具:ほこりが目に入らないように、化学安全メガネを着用してください。

皮膚の保護:長期間の接触を避けるために、保護手袋とオーバーオールを着用してください。

その他の保護:スプレーオペレーターは、高温の飛沫火傷を防ぐために、高温保護服を着用する必要があります。

職業暴露限界:

中国 GBZ 2.1-2019:モリブデンダスト TLV-TWA は 10 mg /m³(総ダスト)です。

OSHA PEL:15 mg /m³(総粉塵)、5 mg /m³(呼吸性粉塵)。

ACGIH TLV:10 mg /m³(通気性粉塵)、3 mg /m³(通気性粉塵)。

パート 9:物理化学的性質

外観と特性:銀白色の金属線、滑らかな表面、または微量の酸化物層(黒色モリブデン線)付き。

融点:2623°C

沸点:4639°C

著作権および法的責任に関する声明

密度:10.28 g/cm³(20°C)

熱伝導率:138W/m・K(20°C)

熱膨張係数:4.8×10⁻⁶/K(20-1000°C)。

抵抗率:5.5×10⁻⁸ Ω・m(20°C)

硬度:モース硬度 5.5-6.0、ビッカース硬度 HV200-250

溶解性:水、酸、アルカリに不溶、高温の濃硝酸または王水に可溶。

揮発性:不揮発性ですが、揮発性の MoO₃は、高温酸化性雰囲気で発生する可能性があります。

パート 10:安定性と反応性

安定性:室温で安定な MoO₃は、高温酸化性雰囲気(>500°C)で形成される可能性があります。

反応性:強力な酸化剤(硝酸、塩素など)と反応して、酸化物またはハロゲン化物を生成します。強酸や強アルカリとの接触を避けてください。

禁止物質:強酸化剤、ハロゲンガス、酸性物質。

分解生成物:高温で MoO₃(ムーア)の煙に分解する可能性があります、これは刺激的です。

パート 11:毒物学的情報

急性毒性:有意な急性毒性なし、LD50(経口、ラット)>2000 mg/kg。

慢性毒性:高濃度のモリブデン粉塵を長期間吸入すると、発がん性の証拠がない呼吸器刺激または肺の炎症を引き起こす可能性があります(IARC では発がん物質として分類されていません)。

皮膚の炎症:長期間の曝露は軽度の刺激を引き起こす可能性があります、感作性ではありません。

目の刺激:モリブデン粉塵は機械的な刺激を引き起こす可能性があります、非腐食性です。

生殖毒性:生殖毒性、催奇形性に関するデータはありません。

その他:モリブデンは人体にとって必須の微量元素であり、過度の吸入は血中モリブデン濃度の増加につながる可能性があります、重大な健康被害はありません。

パート 12:生態情報

環境への影響:モリブデン線は固体金属であり、環境に重大な害を及ぼすことはありません。廃棄物はリサイクルして処分できるため、水域や土壤に侵入するのを防ぐことができます。

生体蓄積性:生体蓄積性はありません。

生態毒性:水生生物に対して有意な毒性はなく、LC50(魚、96 時間)>100 mg/L。

残留性と分解性:適用されません、モリブデンは非分解性の金属です。

パート 13:廃棄

廃棄方法:廃モリブデンワイヤーは密封して収集し、専門のリサイクル機関に引き渡して廃棄する必要があります、自由に廃棄することは禁じられています。

リサイクル:モリブデンはリサイクル可能な金属であり、製錬または化学精製による再利用が推奨されています。

著作権および法的責任に関する声明

規制要件:固形廃棄物による環境汚染の防止と管理に関する中国の法律および EU RoHS 指令に従って、廃棄物を環境に排出することは禁止されています。

セクション 14:配送情報

国連番号:なし(非危険物)。

配送名:モリブデンワイヤー。

輸送上の危険性カテゴリー:国際海上危険物コード(IMDG)および国際航空運送協会(IATA)の要件に準拠した非危険物。

梱包要件:機械的損傷を防ぐために、密封されたビニール袋または金属製の容器を使用してください。

輸送上の注意:輸送中は乾燥させ、強力な酸化剤との混合を避けてください。

パート 15: 規制情報

中国の規制:

「有害化学物質の表示および一般規則」(GB/T 15258-2009)を遵守します。

職業職場における危険因子の職業暴露限界(GBZ 2.1-2019)を遵守します。

国際規制:

EU REACH 規則(EC No 1907/2006)に従い、モリブデンは SVHC(高懸念物質)に属しないとされています。

OSHA ハザード通信規格(29 CFR 1910.1200)に適合しています。

カナダの WHMIS(職場向け危険物情報システム)の要件を満たしています。

その他:モリブデンワイヤーの製造と使用は、ISO 14001 環境管理システムと ISO 9001 品質管理システムの対象となります。

セクション 16:追加情報

サプライヤー:CTIA GROUP LTD

電話番号:0592-5129696/5129595

著作権および法的責任に関する声明

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 モリブデンスプレーワイヤー

第3章 モリブデンスプレーワイヤーの準備と製造プロセス

3.1 モリブデンスプレーワイヤーの原料の準備

モリブデンスプレーワイヤーの調製は、原材料の選択と加工から始まり、高融点および耐食性遷移金属としてのモリブデンの高品質な調製プロセスが、最終製品の性能を直接決定します。原料調製では、モリブデン鉱石から高純度のモリブデン化合物を抽出し、それを成形に適した高純度のモリブデン粉末に加工します。このプロセスは、技術集約型であるだけでなく、材料の一貫性と信頼性を確保するために高度なプロセス制御も必要です。このセクションでは、モリブデン鉱石の選鉱および精製技術、高純度モリブデン粉末の製造プロセス、およびモリブデン粉末の品質管理と試験について詳しく説明します。

3.1.1 モリブデン鉱石の選鉱および精製技術

モリブデンは、主にモリブデン鉱(MoS₂)の形で自然界に存在し、銅、タングステン、鉄などの金属鉱物とよく関連付けられる濃い灰色の金属硫化鉱物です。世界のモリブデン鉱石資源の分布は比較的集中しており、中国、米国、チリ、ペルーが主な生産地域であり、その中で中国は豊富な埋蔵量と生産で支配的です。中国のモリブデン鉱石は、主に河南省の Luanchuan、陝西省の Jinduicheng、吉林省の Daheishan に分布しており、これらの鉱区で生産されるモリブデン鉱石は高品質ですが、多くの場合、さまざまな不純物が含まれており、複雑な選鉱および精製プロセスを通じて分離する必要があります。

選鉱プロセスの最初のステップは、生鉱石の物理的破碎です。採掘されたモリブデン鉱石は大きく、通常はジョークラッシャーとコーンクラッシャーで小さな粒子に粉砕する必要があります。このプロセスは簡単に思えるかもしれませんが、過剰破碎による鉱物の損失や粉塵汚染を避けるために、破碎プラントのパラメータを正確に制御する必要があります。粉砕された鉱石粒子は、ボールミルやロッドミルなどの粉砕装置に供給され、そこで

[著作権および法的責任に関する声明](#)

さらに微粉末に粉碎されます。粉碎の目的は、関連する鉬物からモリブデン粒子を遊離し、その後の分離のための条件を作り出すことです。この段階では、粒子が粗すぎると処理効率が低下し、粒子が小さすぎると処理コストが増加する可能性があるため、粉碎粒径の均一性に特別な注意を払う必要があります。

鉬物処理の中核となるプロセスは、表面特性の違いを利用して鉬物を分離する方法である浮選技術です。浮選では、細かく粉碎された鉬石を水と混合してスラリーを形成し、コレクター、発泡剤、コンディショナーなどの特定の化学物質を追加します。コレクター(キサントゲン酸やテルピネオールなど)は、モリブデン粒子の表面に選択的に吸着し、モリブデン粒子を疎水性にします。発泡剤はスラリー中で安定した泡を生成し、疎水性モリブデン粒子は気泡に付着して泡とともに表面に浮遊し、親水性不純物鉬物はスラリーの底に沈みます。浮選プロセスは通常、複数のサイクルを必要とし、モリブデンのグレードは、荒削り、選択、掃引によって徐々に増加し、最終的に高純度のモリブデン精鉬が得られます。この濃縮物は、脂っこい光沢のあるダークグレーの色をしており、その後の精製に理想的な原料となっています。

モリブデン精鉬の精製プロセスは、モリブデン石を金属モリブデン(通常は 酸化モリブデン (MoO_3))の製造に使用できる化合物に変換するように設計されています。精製の最初のステップは焙煎で、モリブデン精鉬は大型のロータリーキルンまたはマルチチャンバー炉に供給され、高温で酸素と反応します。焙煎工程では、モリブデン中の硫黄が酸化して二酸化硫黄ガスに放出され、モリブデンは酸化モリブデンに変換されます。このプロセスでは、酸化モリブデンの揮発による損失を回避しながら、硫黄を完全に除去するために、温度と酸素供給を正確に制御する必要があります。焙煎後の酸化モリブデンは黄色または白色の粉末ですが、銅、鉄、またはさらなる化学的精製が必要なその他の不純物が微量に含まれている可能性があります。

化学精製は通常、アンモニア浸出プロセスを使用して行われます。酸化モリブデンをアンモニアに溶解してモリブデン酸アンモニウム溶液を形成し、不溶性不純物をろ過して分離します。その後、高純度のモリブデン酸アンモニウムを蒸発結晶化または酸沈殿により溶液から沈殿させます。この化合物は、高純度のモリブデン粉末の製造に理想的な前駆体であり、その純度はその後のプロセスの成功に直接影響します。選鉬と精製のプロセス全体は、大規模な鉬石の破碎から微細な化学分離まで、現代の冶金技術の複雑さを反映しており、その各ステップは最終製品の品質を確保するために慎重に設計する必要があります。

3.1.2 高純度モリブデン粉末の製造工程

モリブデン溶射線の基材となるのは高純度モリブデン粉末で、その製造工程は水素還元を中心としており、極めて高い純度と適切な粒子特性を維持しながら、酸化モリブデンを金属モリブデンに変換することを目指しています。このプロセスには、高度な機器のサポートだけでなく、モリブデン粉末がモリブデンスプレーワイヤーの厳しい要件を満たしていることを確認するための化学反応と材料特性の深い理解も必要です。

高純度モリブデン粉末の製造は、酸化モリブデンの精製から始まります。焙煎から得られる酸化モリブデンには、化学的方法でさらに精製する必要がある微量の不純物が含まれて

[著作権および法的責任に関する声明](#)

いる可能性があります。アンモニア浸出は一般的に使用される精製方法であり、溶液の pH と温度を制御することにより、鉄、銅、シリコンなどの不純物を効果的に除去できます。精製された酸化モリブデンは、乾燥され、その後の還元プロセスに備えて微粒子に粉碎されます。この段階の各プロセスは、外部汚染物質の導入を避けるために、クリーンな環境で実行する必要があります。

水素還元は、モリブデン粉末製造の中核的なプロセスであり、通常は 2 段階で行われます。最初の段階は、酸化モリブデンを二酸化モリブデン(MoO_3)に還元することです。この反応は管状炉またはプッシャー炉で行われ、酸化モリブデン粉末を高温のボート皿に入れ、ゆっくりと加熱ゾーンを通過します。水素雰囲気下の保護下では、酸化モリブデンは水素と反応して水蒸気を放出し、二酸化モリブデンを形成します。このプロセスでは、反応が完了し、粒子が凝集しないように、炉の温度と水素の流れを正確に制御する必要があります。二酸化モリブデンは色が暗褐色で粒子が緩んでおり、これは還元の第 2 段階の中間生成物です。

第 2 段階は、二酸化モリブデンを金属モリブデン粉末にさらに還元することです。このプロセスはより高い温度で行われる必要があります。水素は還元剤として作用し続け、二酸化モリブデンと反応して金属モリブデンと水蒸気を形成します。還元炉の設計は重要であり、多くの場合、温度の段階的な上昇を達成するために複数の加熱ゾーンを採用しています。高温還元には、炉内の純粋な雰囲気が必要だけでなく、特大の粒子の形成を避けるために粒子の成長速度を制御する必要があります。最終的なモリブデン粉末は銀色がかかった灰色で、粒子は細かく均一で、流動性と圧縮性が良好です。

還元されたモリブデン粉末は、粒子サイズと分布が延伸プロセスの要求を満たすように、ふるいにかけ、等級分けする必要があります。気流分級機または振動スクリーンは、異なる粒子サイズの粉末を分離するために使用され、微粒子は高精度の用途に使用され、より大きな粒子は再処理されます。製造プロセス全体は、ほこりの汚染や酸化を防ぐために、クリーンルームまたは制御された環境で行われます。モリブデン粉末の調製は、化学と工学の組み合わせであるだけでなく、細部と品質の究極の追求でもあります。

3.1.3 モリブデン粉末の品質管理と試験

モリブデン粉末の品質は、モリブデンスプレーワイヤーの性能を直接決定するため、品質管理とテストは原材料の調製における重要なリンクです。このプロセスでは、モリブデン粉末の化学組成、物理的特性、微細構造を徹底的に評価し、厳しい業界基準を満たしていることを確認します。品質管理は、技術的手段の使用だけでなく、原材料から完成品までのすべてのリンクを通じて実行される生産プロセスの体系的な管理でもあります。

化学成分の検出は、品質管理の主要なタスクです。モリブデン粉末の純度は非常に高く、微量の不純物は、後続のプロセスや最終コーティングの性能に影響を与える可能性があります。一般的に使用される検出方法には、鉄、ニッケル、炭素、酸素などのモリブデン粉末の元素含有量を迅速かつ正確に分析できる誘導結合プラズマ発光分光法(ICP-OES)が含まれます。酸素が多すぎると、モリブデン粉末が高温で酸化し、延伸効果やスプレー効果に影響を与える可能性があるため、酸素含有量の管理は特に重要です。不活性ガス融解法

[著作権および法的責任に関する声明](#)

は、酸素含有量を測定する標準的な方法であり、サンプルを加熱して放出されたガスを分析することにより正確に決定されます。

粒度分布、トポグラフィ、流動性などの物性が試験されます。粒度分布は、プレスおよび焼結中のモリブデン粉末の挙動に影響を与え、レーザー粒度分析器は粒子のサイズと分布を測定するために広く使用されています。理想的なモリブデン粉末は、粒子サイズが均一である必要があります。粒子が大きすぎると成形欠陥が発生し、粒子が小さすぎると流動性が低下する可能性があります。走査型電子顕微鏡(SEM)は、モリブデン粉末の形態を観察し、粒子が規則的に球状であるかどうか、または凝集があるかどうかを確認するために使用されます。フローテストは、ホール流量計によって実行され、粉末冶金プロセスの安定性にとって重要な漏斗内の粉末の流速を評価します。

品質管理には、厳格なプロセス管理も含まれます。モリブデン粉末の各バッチには、完全なトレーサビリティのために、原材料の原産地、製造パラメータ、試験結果などの詳細な文書化が必要です。このトレーサビリティメカニズムは、潜在的な問題を特定するのに役立つだけでなく、プロセス最適化のためのデータサポートも提供します。ISO 9001などの国際的な品質管理システム規格は、モリブデン粉末製造の規範的な枠組みを提供し、運用のすべてのステップが確立された要件を満たすことを保証します。これらの対策により、製造業者は一貫した品質と優れた性能を備えたモリブデン粉末を製造することができ、被覆モリブデンワイヤの調製のための強固な基盤を築くことができます。

3.2 モリブデンワイヤーフォーミングプロセス

高純度のモリブデン粉末をモリブデン線に変換して溶射する作業は、粉末からフィラメントまでの多段階処理を伴う複雑なプロセスです。モリブデンの硬くて脆い特性により、成形プロセスは困難であり、ワイヤの強度、均一性、表面品質を確保するための高度な機器とプロセス制御が必要です。このセクションでは、粉末冶金成形技術、モリブデン伸線プロセス、アニーリングと応力緩和、および表面の洗浄と研磨について詳しく説明します。

3.2.1 粉末冶金成形技術

粉末冶金は、モリブデンワイヤーフォーミングの基本的なプロセスであり、モリブデン粉末を緻密なブランクにプレスして焼結することにより、その後の伸線のための原材料を提供します。物理的圧縮と高温処理を組み合わせたこのプロセスにより、モリブデン粉末の特性を有効に利用して高強度のモリブデンブランクを製造することができます。

粉末冶金の最初のステップはプレス成形です。高純度のモリブデン粉末を特殊鋼の金型に詰め、油圧プレスで高圧を加えて粉末粒子をしっかりと圧縮し、いわゆる「グリーンピレット」を形成します。緑色のフォルムは強度が低く、粒子間の機械的な嵌合だけで維持されるため、取り扱いや加工には特に注意が必要です。プレス加工では、ブランク内の亀裂や密度の不均一性を避けるために、圧力の大きさと分布を制御する必要があります。一部の高度なプレス装置は、液体媒体を介して均一な圧力を加えることにより、グリーンピレットの密度と均一性をさらに向上させる冷間静水圧プレス技術を採用しています。

これに続いて、グリーンピレットを高温炉に供給して熱処理する焼結プロセスが行われま

[著作権および法的責任に関する声明](#)

す。焼結は通常、高温でのモリブデンの酸化を防ぐために、水素または真空環境で行われます。焼結炉の温度はモリブデンの融点以下に正確に制御されており、拡散によって粉末粒子が結合して強力な金属構造を形成します。焼結プロセスは、ブランクの密度を高めるだけでなく、その機械的特性も改善し、その後の加工に耐えることを可能にします。焼結モリブデンブランクは、シルバークレーの色、滑らかな表面、および緻密な内部構造を備えており、伸線プロセスの理想的な出発点です。

焼結モリブデンピレットは、サイズや形状を調整するために、熱間鍛造や熱間圧延などのさらなる熱間加工が必要になることがよくあります。熱間鍛造は、ハンマーや押出しによってブランクを変形させ、結晶粒組織を微細化し、強度を向上させます。熱間圧延は、ブランクを一連のロールを介して細いモリブデンロッドに圧延することにより、伸線プロセスを準備します。これらの熱間加工ステップは、冷間加工による脆性破壊を回避しながら、モリブデンの延性を高めるために高温で実行する必要があります。粉末冶金技術の成功は、ルースパウダーを丈夫な金属ブランクに変換し、モリブデンワイヤーの形成の基礎を築くことにあります。

3.2.2 モリブデン伸線プロセス

モリブデン伸線は、モリブデンロッドをフィラメントに加工する際の重要なステップであり、モリブデンの硬くて脆い特性を克服して、ワイヤが均一な直径と滑らかな表面を持つようにする必要があります。延伸プロセスは、シングルモード伸線とマルチモード連続伸線の 2 つの方法に分かれており、それぞれに独自のアプリケーションシナリオと特性があります。

3.2.2.1 シングルダイ伸線

シングルダイ伸線は、少量生産や非常に高いワイヤサイズ要件のシナリオに適した高精度の加工方法です。シングルダイ伸線では、モリブデンロッドを予熱して延性を向上させ、その後、伸線機で超硬またはダイヤモンドダイに引っ張ります。金型の開口部はモリブデンロッドの直径よりもわずかに小さく、モリブデンロッドは引張力によって変形し、その断面積を徐々に縮小します。各図面の後、モリブデンワイヤーの直径はわずかに減少し、目標サイズに到達するには数回の引っ張りが必要です。

シングルダイ伸線の利点は、その高精度と柔軟性にあります。金型とプロセスパラメータは、ワイヤのサイズと表面品質を確保するために、図面ごとに個別に調整できます。潤滑剤は伸線プロセスで重要な役割を果たし、一般的に使用される潤滑剤には、グラファイトエマルジョンまたは二硫化モリブデンが含まれ、ダイとモリブデンワイヤーとの間の摩擦を減らし、ダイの寿命を延ばし、ワイヤーの表面仕上げを向上させることができます。シングルダイ伸線の欠点は、効率が低く、各延伸後に金型を交換したり、機器を調整したりするために手動で操作する必要があることであり、これは航空宇宙や非常に高い品質要件を持つ他の分野に適しています。

3.2.2.2 マルチモード連続伸線

マルチモード連続伸線は、モリブデン溶射線の大量生産に適した効率的な工業生産方法です。このプロセスでは、モリブデンロッドは一連の金型を通して連続的に引っ張られ、そ

[著作権および法的責任に関する声明](#)

れぞれが細孔径が徐々に減少します。伸線機には複数のダイベースと牽引装置が装備されており、モリブデン線は1つのダイを通過した直後に次のダイに入り、連続処理を実現します。マルチモード図面は高度な自動化を備えており、正確な張力制御と冷却システムにより、ワイヤの均一性と安定性を確保します。

マルチモード描画の鍵は、ダイシーケンスの設計とプロセスパラメータの調整にあります。ダイの細孔サイズが小さくなると、延伸プロセス中のワイヤの破損や欠陥を回避するための科学的な計画が必要になります。冷却システムは通常、延伸プロセス中の過度の温度によってモリブデンワイヤが脆くなるのを防ぐために、水冷式または空冷式です。潤滑剤の継続的な供給も重要であり、多くの場合、再循環システムを介してダイとワイヤの表面に潤滑剤を噴霧します。マルチモード連続伸線線路の生産効率は、シングルモード伸線線路よりもはるかに高く、自動車産業やエネルギー機器など、大規模な供給が必要なシナリオに適しています。

3.2.3 モリブデンワイヤーの焼鈍と応力緩和

延伸プロセスでは、モリブデンワイヤーの内部に残留応力が導入され、その後の処理または使用で亀裂や破損を引き起こす可能性があります。アニーリングと応力緩和は、熱処理によってモリブデンワイヤーの結晶構造を回復し、延性と靱性を向上させるために不可欠なステップです。

アニーリングは通常、モリブデンワイヤーの表面の酸化を防ぐために、真空または水素保護炉で行われます。モリブデンワイヤーをゆっくりと特定の温度まで加熱し、一定時間保持した後、徐々に冷却します。このプロセスにより、粒子が再配置され、延伸プロセス中に形成される転位と応力集中が排除されます。アニーリング温度の選択は重要であり、温度が高すぎると粒子が大きくなりすぎてワイヤーの強度が低下する可能性があり、温度が低すぎると応力の緩和に効果的ではありません。一部の高度なアニーリングプロセスでは、段階的な加熱を使用して、複数の温度段階を通じてワイヤーの微細構造を徐々に調整し、その特性を最適化します。

水素アニールは、保護雰囲気を提供するだけでなく、表面の微量酸化物と反応してモリブデンワイヤーの表面をさらに洗浄する一般的に使用される方法です。真空アニーリングは、ガス状の不純物を含まず、ワイヤーの純度を確保するため、高精度のアプリケーションにより適しています。焼きなましモリブデンワイヤーは、柔軟性が大幅に向上し、表面光沢が向上しているため、ワイヤーの性能に対するスプレープロセスの厳しい要件を満たすことができます。

3.2.4 表面のクリーニングと研磨

延伸および焼鈍後、モリブデン線の表面に潤滑剤、酸化物、またはその他の汚染物質が残ることがあり、スプレープロセスの安定性とコーティングの品質に影響を与える可能性があります。表面のクリーニングと研磨は、モリブデンワイヤーの形成の最終ステップであり、滑らかで完璧なワイヤー表面を作成することを目的としています。

洗浄プロセスには、通常、化学洗浄と超音波洗浄が含まれます。化学洗浄では、希塩酸や

[著作権および法的責任に関する声明](#)

水酸化ナトリウムなどの弱酸性またはアルカリ性の溶液を使用して、表面から酸化物層と有機残留物を除去します。洗浄後、モリブデンワイヤーは、化学残留物を避けるために脱イオン水で十分にすすぐ必要があります。超音波洗浄は、高周波の音波を使用して液体中に小さな泡を作り、衝撃力で弾け、ミクロンサイズの粒子や油を効果的に除去します。超音波洗浄は、複雑な形状のワイヤーに特に適しており、表面の隅々まで清潔で完璧です。

研磨は、モリブデンワイヤーの表面品質を向上させるための重要なステップであり、機械的または電気化学的研磨によって達成できます。機械研磨は、アルミナやダイヤモンドパウダーなどの微細な研磨剤を使用して、回転ブラシや研磨ベルトでワイヤーの表面を研磨し、鏡面効果を実現します。電気化学研磨では、モリブデン線を電解質の中に入れ、電解液が陽極として機能し、表面の微細な突起が優先的に溶解するため、表面が滑らかになります。研磨されたモリブデンワイヤーは、外観が明るいだけでなく、スプレープロセス中の熔融液滴の飛散を減らし、コーティングの均一性を向上させます。

3.3 モリブデンスプレーワイヤーの特殊加工

モリブデン溶射ワイヤーは、溶射プロセスの固有のニーズを満たすために特殊な処理が必要です。これらの処理には、表面の活性化、仕様のカスタマイズ、および表面改質が含まれ、スプレープロセス中のワイヤーの性能を最適化し、コーティング品質と生産効率を確保します。

3.3.1 モリブデン線表面活性化処理

表面活性化処理は、モリブデンワイヤーの表面の化学活性と物理的特性を改善するように設計されており、スプレープロセス中に熔融して均一な液滴を形成しやすくなります。活性化は、化学的、プラズマ、または機械的方法によって達成でき、それぞれに独自の利点があります。

化学的活性化は通常、希酸またはアルカリ液を使用してモリブデン線を浸し、表面酸化物を除去し、表面粗さを増加させます。この処理により、モリブデンワイヤーの表面がより親水性になり、熔融液滴の形成と排出が促進されます。プラズマ活性化は、低温プラズマを使用してワイヤーの表面を衝撃し、活性官能基を導入し、表面の化学反応性を改善します。この方法は、ワイヤーの寸法や機械的特性を変更しないため、高精度のスプレーに特に適しています。機械的活性化は、表面粗さを増加させ、マイクロブラストまたはフロスティングによって熔融液滴の接着を強化します。

アクティベーションプロセスでは、噴霧装置とアプリケーションシナリオに応じて適切な方法を選択する必要があります。例えば、航空宇宙分野での溶射には、非常に高いコーティング品質が必要であり、多くの場合、フィラメント表面を清潔で高活性にするためのプラズマ活性化が必要です。活性モリブデンワイヤーは、スプレー効率とコーティング接着強度を大幅に向上させることができます。

3.3.2 スプレー用モリブデンワイヤーの仕様カスタマイズ

噴霧装置の多様性には、直径、長さ、組成など、カスタマイズされた仕様のモリブデン線が必要です。仕様のカスタマイズは、フィラメントがスプレーシステムに完全に適合する

[著作権および法的責任に関する声明](#)

ように、メーカーとお客様との緊密な協力関係を反映しています。

モリブデンワイヤーの直径は、ワイヤーの供給速度と溶融挙動に直接影響します。より細いフィラメントは高精度のスプレーに適しており、薄く均一なコーティングを形成できます。粗いフィラメントは、高効率のスプレーに適しており、基板の広い領域をすばやくカバーできます。ワイヤーは通常、機器のニーズに合わせた長さのリールで供給され、中断のないスプレーを保証します。パッケージは真空密封されたビニール袋または金属容器でできており、ワイヤーが湿ったり酸化したりするのを防ぎます。

食材のカスタマイズも重要な側面です。一部のスプレー用途では、酸化抵抗や延性を向上させるために、ランタンやセリウムなどの希土類元素をドーピングしたモリブデンワイヤーが必要です。ドーピングプロセスは伸線前に完了し、モリブデン粉末の配合を調整することによって達成されます。カスタマイズされた仕様は、スプレー結果を改善するだけでなく、機器の寿命を延ばし、メンテナンスコストを削減します。

3.3.3 モリブデン線表面改質技術

表面改質技術は、モリブデンワイヤーの化学的または物理的特性を変化させることにより、モリブデンワイヤーのコーティング性能をさらに最適化します。これらの技術には、シリコン化、ドーピング修飾、およびスプレーにおける高温酸化や液滴不安定性などの問題に対するプレコーティング処理が含まれます。

シリコン化プロセスは、高温のシリコン雰囲気中で行われ、モリブデンシリサイド(MoSi_2)の保護層を形成します。この保護層は、高温酸化に対して効果的であり、溶射プロセス中のワイヤーの寿命を延ばします。ドーピング修飾は、希土類またはアルカリ金属元素をワイヤーの表面に導入することにより、結晶粒組織を微細化し、高温安定性を向上させます。プレコーティング工程では、アルミナやジルコニアなどの薄膜をワイヤーの表面に塗布し、溶射工程での酸化物の形成を抑えます。

これらの改質技術は、改質層がワイヤーの送給やワイヤーの溶融挙動に影響を与えないように、スプレープロセスと緊密に統合する必要があります。表面改質により、モリブデンワイヤーは過酷な噴霧環境で優れた性能を発揮し、航空、エネルギー、その他の分野の厳しい要件を満たすことができます。

3.4 スプレープロセス

スプレープロセスは、モリブデンワイヤーを基板の表面に溶融して堆積するコアプロセスであり、基板の前処理、溶射技術、後処理の3つの段階が含まれます。各ステージは、コーティングの品質と性能において決定的な役割を果たします。

3.4.1 基板の表面前処理

基材表面の状態は、コーティングの接着性と耐久性に直接影響します。前処理は、機械的、化学的、超音波の方法を使用して、基板の表面を洗浄および最適化し、スプレーに理想的な条件を作り出します。

著作権および法的責任に関する声明

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

3.4.1.1 メカニカルサンドブラスト

メカニカルブラストは、アルミナや炭化ケイ素などの研磨剤を高速に噴射して基板の表面に衝撃を与え、粗さを増し、酸化物や古いコーティングなどの不純物を除去します。ブラストプロセスでは、基板の損傷を避けるために、研磨剤の種類、ジェット圧力、角度を正確に制御する必要があります。表面が粗いため、コーティングの基板への機械的接着性が向上し、接着性が向上します。サンドブラストは、鋼やニッケル基合金などの硬質基材に適しており、前処理のスプレーの一般的な方法です。

3.4.1.2 化学洗浄

化学洗浄は、溶剤またはアルカリ溶液を使用して、基材の表面から油、潤滑剤、およびその他の有機物を除去します。一般的に使用される洗浄剤には、エタノール、アセトン、または水酸化ナトリウム溶液が含まれ、洗浄後に脱イオン水ですすいで、残留物がないことを確認します。ケミカル洗浄は、複雑な形状の基板に適しており、隙間や穴の奥深くまで浸透し、表面を徹底的にきれいにすることができます。このプロセスでは、基板の腐食を避けるために、洗浄剤の選択に注意を払う必要があります。

3.4.1.3 超音波洗浄

超音波洗浄は、高周波の音波を使用して液体中に小さな気泡を作り、衝撃力で弾けて基板の表面から小さな粒子や残留物を剥がします。超音波洗浄は、航空エンジンブレードや半導体装置部品などのデリケートな部品に特に適しています。洗浄液は通常、脱イオン水または中性洗剤であり、表面を損傷することなく洗浄結果を確保するために、基板の特性に応じて洗浄時間と頻度を調整する必要があります。

3.4.2 溶射技術

溶射技術は、モリブデン線を溶かして基板の表面に高温で溶射し、保護コーティングを形成します。一般的に使用される溶射方法には、火炎溶射、プラズマ溶射、アーク溶射、および高速酸素燃料溶射(HVOF)が含まれます。

3.4.2.1 フレームスプレープロセス

火炎溶射は、酸素アセチレン炎を使用してモリブデン線を加熱し、熔融または半熔融し、圧縮空気で基板の表面に噴霧します。火炎噴霧装置は、操作が簡単で柔軟性があり、現場での建設や大型部品の噴霧に適しています。ただし、火炎温度が低いため、コーティングの多孔性が高くなり、接着性が比較的に弱いため、機械部品の修理など、性能要件が低いシナリオに適しています。

3.4.2.2 プラズマ溶射プロセス

プラズマ溶射は、電気アークを介して高温(最大 15,000°C)のプラズマを生成し、モリブデンワイヤを急速に熔融し、基板の表面に高速で溶射します。プラズマ溶射は、航空宇宙やエネルギー機器などの高性能アプリケーション向けに、高密度の接着性コーティングを作成します。プラズマガスの種類、電流強度、噴霧距離などのプロセスパラメータの正確な制御が重要です。

著作権および法的責任に関する声明

3.4.2.3 アーク溶射プロセス

アーク溶射は、2本のモリブデンワイヤ間のアーク加熱を利用してワイヤを溶かし、圧縮空気を介して基板に溶射します。アーク溶射は成膜効率が高く、橋梁の鉄骨構造物や船舶部品などの大面積溶射に適しています。コーティングの品質は、アークの安定性とワイヤの送り速度の調整に依存し、適切なプロセス調整により、コーティング性能を大幅に向上させることができます。

3.4.2.4 高速酸素燃料噴霧(HVOF)

HVOF 溶射は、酸素と燃料(灯油など)を燃焼させることで高速の火炎を発生させ、溶融したモリブデン線を超音速で基板上に注入します。HVOF コーティングは、非常に低い気孔率、高い硬度、接着性を備えているため、航空エンジンやガスタービンなどのハイエンドアプリケーションの最初の選択肢となっています。プロセスの複雑さは高いですが、その優れたコーティング特性により、重要な領域では欠かせません。

3.4.3 噴霧後処理

ポストスプレー処理は、熱処理、研磨、シーリング処理など、コーティングの性能を最適化するように設計されています。

3.4.3.1 熱処理と焼鈍

熱処理は、コーティングを真空または保護雰囲気中で加熱することにより、微細構造を改善し、残留応力を排除します。アニーリングプロセスにより、コーティングの基材への接着性が強化され、耐熱衝撃性が向上します。熱処理温度や保持時間は、コーティングの厚さや基板の特性に応じて調整し、過熱による性能低下を避ける必要があります。

3.4.3.2 コーティングの研磨と仕上げ

研磨は、機械的または電気化学的方法によってコーティングの表面を滑らかにし、粗さと摩擦を減らします。機械研磨はダイヤモンド研磨剤を使用し、電気化学研磨は電気分解を使用して鏡面効果を実現します。ポリッシュコーティングは、ピストンリングなどの摺動部でより優れた性能を発揮し、耐用年数を大幅に延ばします。

3.4.3.3 コーティングシール処理

シーリング処理では、有機(エポキシなど)または無機(シリカなど)のシーラントを使用してコーティングの細孔を埋め、腐食性媒体の浸透を防ぎます。シーリング処理は、海洋または化学環境でのコーティングに特に適しており、耐久性を大幅に向上させることができます。シーラントの選択は、長期的な安定性を確保するためのコーティングとの適合性に基づいています。

3.5 モリブデン溶射線の製造工程の最適化

プロセスの最適化は、パラメータ制御、品質保証、グリーン製造を含む、モリブデンスプレーワイヤーの品質と効率を向上させるための鍵です。

3.5.1 プロセスパラメータの最適化と制御

プロセスの最適化により、伸線、スプレーなどのパラメータを調整することにより、製品の一貫性とパフォーマンスが向上します。たとえば、描画プロセスでは、ワイヤが均一で

[著作権および法的責任に関する声明](#)

あることを確認するために、描画速度と張力のバランスをとる必要があります。スプレープロセスでは、コーティング品質を向上させるために、スプレー距離とガスの流れを最適化する必要があります。リアルタイム監視システムは、安定したパラメータを確保し、センサーとフィードバックメカニズムを通じて生産効率を向上させます。

3.5.2 品質保証体制

品質保証システムは、ISO 9001 規格に従って、原材料から完成品までの全プロセスをカバーしています。原材料の純度試験、ワイヤサイズ検査、コーティング性能試験を含みます。バッチトレサビリティメカニズムにより、問題を追跡し、プロセスを継続的に改善することができます。品質保証は技術的な要件であるだけでなく、企業の評判を反映するものでもあります。

3.5.3 グリーン製造と省エネ技術

グリーン製造は、省エネ、排出削減、資源リサイクルに重点を置いています。効率的な装置を使用して、エネルギー消費を削減し、噴霧されたモリブデン粒子を回収し、廃棄物を削減します。再生可能エネルギーを使用して生産設備に電力を供給することにより、炭素排出量を削減します。グリーン製造は、環境保護の要件を満たすだけでなく、企業の市場競争力も強化します。

3.6 主な技術ポイント

モリブデン溶射線の製造技術は、材料科学、機械工学、表面処理技術を統合したハイエンドの製造プロセスであり、その中核はモリブデン線の高純度、コーティングの優れた性能、およびコーティングプロセスの効率と一貫性を確保することです。このセクションでは、高純度モリブデン ワイヤの調製、スプレー コーティングの品質管理、スプレーの効率と一貫性の 3 つの主要な技術ポイントを詳しく見ていきます。これらの技術がモリブデン スプレー ワイヤの製造においてどのように重要な役割を果たしているかを明らかにします。

3.6.1 高純度モリブデン線の作製技術

高純度モリブデンワイヤーはスプレープロセスの基礎であり、その調製技術はワイヤーの物理的特性、化学的安定性、およびスプレー効果を直接決定します。高融点で耐食性のある遷移金属であるモリブデンは、高純度で安定した性能を持つワイヤーを製造するために、その硬くて脆い特性と酸素に対する高い感度を克服する必要があります。

高純度モリブデンワイヤーの調製は、高純度モリブデン粉末の加工から始まります。前述のように、モリブデン粉末は酸化モリブデンを水素で還元することによって得られますが、伸線プロセスのニーズを満たすには、その純度と粒子特性をさらに最適化する必要があります。調製プロセスでは、モリブデン粉末を厳密に選別し、粒径が小さすぎる粒子を除去して、粒子分布が均一になるようにする必要があります。この均一性は、不均一な粒子がビレットの内部欠陥につながり、それがワイヤの強度と延性に影響を与える可能性があるため、その後のプレスおよび焼結に不可欠です。

モリブデン粉末のプレスは冷間静水圧プレス技術を採用しており、液体媒体を介して均一

[著作権および法的責任に関する声明](#)

な圧力を加えることにより、粉末を緑色のピレットに圧縮します。この方法は、従来の一方方向プレスと比較して、ブランクの密度と構造的な一貫性を大幅に向上させます。圧搾されたグリーンピレットは、高温の焼結炉に供給され、水素または真空環境でモリブデンの融点近くまで加熱されます。焼結プロセスは、粉末粒子を強力な金属構造に結合するだけでなく、粒子の再結合と拡散を通じて内部の多孔性を排除します。焼結炉の設計では、酸化や異常な粒子の成長を防ぐために、大気の高純度と温度の均一性を考慮に入れる必要があります。

焼結したモリブデンピレットは、伸線プロセスに備えて、熱間鍛造または熱間圧延により細いモリブデンロッドに加工する必要があります。熱間鍛造は、ブランクの粒状構造をより緻密にし、ハンマーまたは押出を繰り返すことにより延性を向上させます。熱間圧延は、一連のロールを使用してピレットの直径を徐々に小さくし、伸線に適したモリブデンロッドを製造します。モリブデンの脆性を減らすために、熱プロセス全体を高温で実行する必要がありますが、温度が高すぎると表面の酸化につながる可能性があるため、保護雰囲気中で操作する必要があります。

伸線は高純度モリブデン線調製のコアリンクであり、モリブデンロッドはシングルモードまたはマルチモード伸線プロセスを通じてフィラメントに処理されます。シングルダイスローイングは、少量で高精度のワイヤ製造に適しており、ワイヤ表面が滑らかで亀裂がないように、ダイと潤滑剤をドロ잉ごとに慎重に調整する必要があります。マルチモード連続伸線は大規模生産により適しており、自動化装置により効率的な処理を実現できます。延伸プロセスでは、潤滑剤の選択とワイヤ送給速度の制御が特に重要であり、グラフィットエマルジョンや二硫化モリブデンなどの一般的に使用される潤滑剤は、ダイの摩耗を効果的に低減し、ワイヤ品質を向上させることができます。延伸されたモリブデンワイヤは、内部応力を排除し、結晶構造の安定性を回復するためにアニールする必要があります。

高純度モリブデンワイヤーの調製技術には、プロセスの精度だけでなく、原材料、設備、環境の包括的な制御も必要です。たとえば、ほこりや不純物がワイヤーを汚染するのを防ぐために、生産ホールを清潔に保つ必要があります。伸線装置は、ダイ穴径の精度を確保するために定期的に校正する必要があります。これらの詳細が組み合わさってモリブデンワイヤーの品質を決定し、航空宇宙産業や自動車産業などのハイエンドアプリケーションのニーズを満たすことができます。

3.6.2 スプレーコーティングの品質管理

スプレーコーティングの品質は、モリブデンスプレーワイヤー製造の技術レベルを測定するための重要な指標です。高品質のコーティングには、優れた接着性、均一な厚さ、優れた耐摩耗性と耐食性が必要です。コーティングの品質管理は、基材の前処理からコーティングパラメータの調整、コーティング検査まで、スプレープロセスのすべてのステップに存在し、最終製品が厳しい業界標準を満たしていることを保証します。

基材の前処理は、コーティングの品質管理の出発点です。基板表面の清浄度や粗さは、コーティングの密着性に直接影響するため、メカニカルブラスト、ケミカル洗浄、超音波洗

[著作権および法的責任に関する声明](#)

浄などの方法で、油分や酸化物などの不純物を徹底的に除去する必要があります。サンドブラストは、研磨剤(アルミナなど)を高速で噴射することにより、基板の表面の粗さを増大させ、コーティングと基板の機械的嵌合を容易にする微細な凹凸構造を作成します。化学洗浄は、中性溶剤やアルカリ液を使用して有機汚染物質を除去し、超音波洗浄は高周波音波によって生成される小さな気泡の破裂効果を使用して、到達しにくい小さな粒子を取り除きます。これらの前処理ステップは、理想的な表面状態を確保するために、基板の材料と形状に応じて個別に設計する必要があります。

スプレープロセスにおけるパラメータ制御は、品質管理の中心です。アーク溶射ガンやプラズマ溶射システムなどの溶射装置の動作パラメータ(溶射距離、ガス流量、電流強度、ワイヤ送給速度など)は、正確に調整する必要があります。たとえば、スプレーしすぎるとコーティングが過熱して亀裂が発生し、遠くにスプレーすると液滴が急速に冷却され、接着力が低下する可能性があります。ガス流量の調節は、熔融液滴の注入速度と堆積効率に影響を与え、電流強度の選択はモリブデンワイヤーの熔融度を決定します。最新の噴霧装置には、センサーを介して温度、圧力、速度などのデータを取得し、プロセスの安定性を維持するためにパラメータを時間内に調整するリアルタイム監視システムが装備されていることがよくあります。

コーティング品質試験は、品質管理の最後の砦です。一般的に使用される検査方法には、微細構造分析、接着試験、耐摩耗性評価などがあります。走査型電子顕微鏡(SEM)は、コーティングの微視的なトポグラフィーを観察し、細孔、亀裂、または未熔融粒子の存在を確認するために使用されます。接着試験は、ASTM C633 の規格で一般的に使用される引張試験またはせん断試験を通じて、コーティングの基材に対する強度を評価します。耐摩耗性試験は、実際の使用におけるコーティングの摩耗をシミュレートし、摩擦試験機でコーティングの耐久性を測定します。さらに、コーティングの厚さと均一性は、超音波厚さ計または蛍光 X 線分析によって評価され、設計要件への準拠が保証されます。

また、塗装の品質管理には、徹底した品質管理体制の確立も必要です。完全なトレーサビリティのために、各生産バッチは、原材料情報、プロセスパラメータ、テスト結果など、詳細に文書化する必要があります。ISO 9001 などの国際規格は、品質管理のための規範的な枠組みを提供し、定期的な監査と継続的な改善を通じて、生産プロセスの安定性と製品の一貫性を確保しています。この品質管理への体系的なアプローチにより、モリブデン溶射ワイヤーのコーティングは、ガスタービンブレードや自動車のピストンリングの耐摩耗性コーティングなど、要求の厳しいアプリケーションのニーズを満たすことができます。

3.6.3 スプレー効率と一貫性

スプレーの効率と一貫性は、生産技術における重要な考慮事項であり、生産コストと製品品質に直接影響します。効率的なスプレープロセスにより、短期間で広い範囲のコーティングを堆積させることができ、一貫性により各コンポーネントの一貫したコーティング性能が保証され、プロセスの変動による欠陥が回避されます。

噴霧効率の向上は、装置の最適化とプロセスの改善にかかっています。最新のスプレーシステムは、プラズマや HVOF などの高出力熱源を使用してモリブデンワイヤーを迅速に溶

[著作権および法的責任に関する声明](#)

融し、高速のメルトドリップストリームを形成するため、堆積速度が高くなります。自動送電システムの導入により、手動送電に比べて一定の速度と角度でモリブデン線を送電することができるため、効率が大幅に向上し、人的操作のミスが減少しました。スプレーロボットを使用すると、ガンをプリセットパスに沿って正確に動かして複雑な形状の基板の表面を覆い、迅速かつ均一なコーティング堆積を実現できるため、効率がさらに向上します。

一貫性を実現するには、いくつかのアプローチが必要です。まず第一に、モリブデンワイヤーの品質は、直径、表面仕上げ、化学組成の均一性など、安定している必要があります。ワイヤーの不整合は、液滴サイズや噴射速度の変動につながり、コーティングの品質に影響を与える可能性があります。第二に、噴霧装置の安定性が重要です。プラントの電源、ガス供給システム、冷却システムは、機器の老朽化や誤動作によるプロセスの逸脱を防ぐために、定期的なメンテナンスが必要です。さらに、環境要因の制御は無視されるべきではなく、スプレーショップは、溶融液滴の堆積に対する外部条件の影響を避けるために、一定の温度と湿度を維持する必要があります。

プロセスパラメータの標準化は、一貫性を確保するための重要な手段です。各パラメータの範囲と調整方法を定義する詳細な操作手順書(SOP)を確立することで、オペレーターはバッチごとに一貫したプロセス条件を維持できます。データ駆動型のプロセス管理は、近年の開発トレンドであり、IoTテクノロジーとビッグデータ分析を通じて、噴霧プロセスの主要なデータがリアルタイムで収集され、潜在的な問題が事前に予測され、介入されます。たとえば、一部の高度なスプレーシステムでは、機械学習アルゴリズムを使用してパラメーターの組み合わせを最適化し、コーティングの一貫性を大幅に向上させることができます。

スプレーの効率と一貫性のバランスをとるには、生産ニーズとコスト要因の組み合わせが必要です。効率を過度に重視するとコーティング品質が低下する可能性があります。一貫性を過度に重視すると、生産時間とコストが増加する可能性があります。したがって、製造業者は、技術革新とプロセスの最適化を通じて効率的で高品質な生産を達成するために、プロセス設計の最適なバランスを見つける必要があります。

3.7 先端技術の応用

材料科学と製造技術の急速な発展に伴い、モリブデンスプレーワイヤーの製造技術には、高性能でより複雑なアプリケーションのニーズを満たすために、常に最先端の技術が組み込まれています。このセッションでは、ナノスケールのスプレー技術、レーザーアシストスプレー技術、コールドスプレー技術、インテリジェントで自動化されたスプレーシステムの応用について議論し、これらの高度な技術がモリブデンスプレーワイヤー業界の技術革新をどのように推進できるかを示します。

3.7.1 ナノスケール噴霧技術

ナノスケール溶射技術は、コーティングの微細構造をナノスケールまで制御することにより、性能を向上させる高度な方法です。従来のスプレーコーティングの粒径は通常ミクロンの範囲ですが、ナノスケールのスプレーは、コーティングパラメータと材料特性を最適

[著作権および法的責任に関する声明](#)

化することにより、コーティングの粒径をナノメートルスケールに縮小します。この細粒構造により、コーティングの硬度、靱性、耐摩耗性が大幅に向上し、過酷な環境でも優れた性能を発揮します。

モリブデン溶射ワイヤーの応用では、溶射プロセス中の熱源と液滴堆積挙動を調整することにより、ナノスケールの溶射技術が達成されます。プラズマ溶射と HVOF 溶射は、プラズマガスの組成、溶射力、および射出速度を正確に制御することにより、より微細な熔融液滴を生成する一般的に使用される技術プラットフォームです。これらの液滴は基板表面上で急速に固化し、ナノスケールの粒子構造を形成します。結果をさらに最適化するために、ナノスケールのモリブデン粉末またはドーパント(ジルコニアやアルミナナノ粒子など)が一部のプロセスに導入され、スプレープロセス中にモリブデンワイヤーと共堆積して複合コーティングを形成します。

ナノスケールのスプレー技術の利点は、コーティングの性能を大幅に向上させることができます。例えば、航空エンジンのタービンブレードにナノスケールのモリブデンコーティングを施すことで、高温酸化や機械的摩耗に効果的に抵抗し、部品の寿命を延ばすことができます。また、ナノコーティングは表面が平滑で摩擦係数が低いいため、自動車のピストンリングや油圧システムシールなどの高精度な摺動部品に適しています。しかし、ナノスケールの噴霧技術は、プロセス制御に非常に厳しい要求が課せられており、わずかなパラメータのずれでも粒径のばらつきにつながる可能性があり、高度な監視装置と技術サポートが必要です。

3.7.2 レーザーアシスト噴霧技術

レーザーアシスト溶射技術は、レーザーの高エネルギー密度と溶射の柔軟性を組み合わせて、溶射コーティングされたモリブデンワイヤーの製造に革命をもたらします。従来の溶射では、モリブデン線は炎、プラズマ、またはアークによって熔融されますが、レーザーアシストコーティングはレーザービームを補助熱源または後処理ツールとして使用するため、コーティングの品質と精度が大幅に向上します。

レーザーアシスト溶射では、レーザービームはプラズマやアークなどの溶射熱源と同期して動作し、基板の表面を予熱したり、モリブデンワイヤーの熔融を補助したりできます。レーザーの集束が高いため、入熱がより集中し、熱影響部が減少し、基板の熱歪みのリスクが軽減されます。さらに、レーザーは熔融液滴の温度と堆積経路を正確に制御できるため、コーティングがより均一になり、気孔率が低くなります。一部の高度なシステムでは、レーザーを使用してスプレーコーティングを再熔融し、急速に熔融して固化することでコーティングの微細構造を微細化し、そのコンパクトさと接着強度をさらに向上させます。

レーザーアシストスプレー技術は、幅広い用途に使用できます。航空宇宙分野では、レーザーアシスト溶射により、タービンブレードや燃焼室を保護するために、チタンまたはニッケルベースの合金基板上に高性能モリブデンコーティングを調製することができます。エネルギー業界では、レーザーアシスト溶射を使用して、高温腐食に耐性のあるコーティングを作成し、ガスタービンまたはボイラー部品の寿命を延ばすために使用されます。また、レーザー技術の導入により、プロセスの柔軟性が向上し、曲面や多孔質構造など、複

[著作権および法的責任に関する声明](#)

雑な形状の基板の加工が可能になりました。しかし、レーザー機器のコストは高く、操作は複雑で、高度な資格を持つ技術者と完全なメンテナンスシステムが必要です。

3.7.3 コールドスプレー技術

コールドスプレー技術は、従来の溶射を混乱させる新しい技術であり、その中核は、高温溶融に頼るのではなく、高速の気流を通じて基板の表面に固体粒子をスプレーすることです。モリブデン溶射線の用途は、コールド溶射技術により、モリブデン線をミクロンサイズの粒子に加工するか、モリブデン粉末を直接使用することで、低温での成膜を実現します。この技術は、高温に伴う酸化、相転移、熱応力の問題を回避するという点で独特であり、特に熱に敏感な基板に適しています。

コールドスプレープロセスでは、モリブデン粒子が超音速(通常はヘリウムまたは窒素によって駆動される)まで加速され、非常に高い運動エネルギーで基板の表面に当たります。粒子は衝撃の瞬間に激しい塑性変形を受け、基板と機械的または冶金学的結合を形成して緻密なコーティングを形成します。コールドスプレーコーティングは、モリブデンの元の化学組成と結晶構造を保持しながら、非常に低い気孔率と優れた接着性を備えています。この特性により、コールドスプレーは、オフショアまたは化学機器で使用するための高純度で耐食性のあるモリブデンコーティングの調製に特に適しています。

コールドスプレー技術の課題は、粒子特性と装置性能に対する高い要件にあります。モリブデン粒子のサイズ、形態、流動性を正確に制御して、スプレーの安定性とコーティングの均一性を確保する必要があります。さらに、コールドスプレー装置には高圧ガスシステムと高度なノズル設計が必要であり、製造コストが増加します。それにもかかわらず、コールドスプレーの低温性は、アルミニウム合金やポリマー基板の機能性コーティングの調製など、航空宇宙、電子機器、および医療用途に有望です。

3.7.4 インテリジェントで自動化された噴霧システム

インテリジェントで自動化されたスプレーシステムの導入は、インダストリー4.0の時代に向けたモリブデンスプレーワイヤー製造技術の到来を示しています。これらのシステムは、センサー、ロボティクス、人工知能、ビッグデータ分析を統合することで、噴霧プロセスを自動化し、インテリジェントかつ効率的にし、生産効率と製品品質を大幅に向上させました。

自動スプレーシステムには、産業用ロボットをコアとする高精度スプレーガンとワイヤー供給装置が装備されており、プリセットパスに従って複雑な基板のスプレーを完了することができます。視覚認識と経路計画技術により、ロボットはさまざまな形状やサイズの基板に適応し、手作業による介入を減らします。このセンサーは、温度、圧力、液滴速度などの噴霧パラメータをリアルタイムで監視し、フィードバックシステムを通じて自動的に調整してプロセスの安定性を確保します。一部の高度なシステムには、インライン検査機能も統合されており、レーザースキャンまたは赤外線イメージングを通じてコーティングの厚さと欠陥をチェックし、問題をタイムリーに特定します。

インテリジェントな噴霧システムは、人工知能と機械学習アルゴリズムを使用してプロセ

[著作権および法的責任に関する声明](#)

スを最適化し、さらに一歩進んでいます。たとえば、AI システムは過去のスプレーデータを分析して、パラメーターの最適な組み合わせを予測し、テストのコストを削減できます。クラウドコンピューティングテクノロジーにより、複数の生産拠点のデータを共有し、統一されたプロセスデータベースを形成し、企業の技術管理能力を向上させることができます。さらに、インテリジェントシステムはリモート監視とメンテナンスもサポートしており、オペレーターはモバイルデバイスを介して機器の状態をリアルタイムで確認し、障害に迅速に対応できます。

インテリジェントで自動化されたスプレーシステムの適用により、モリブデンスプレーワイヤーの生産効率が大幅に向上しました。例えば、自動車業界では、自動溶射ラインは、コーティングの一貫性が 99%を超える数千個のピストンリングを連続的に処理することができます。航空宇宙分野では、インテリジェントシステムが複雑な形状の部品にカスタマイズされたコーティングソリューションを提供し、生産サイクルを短縮します。これらの技術の広範な適用は、業界の競争力を強化しただけでなく、より効率的でインテリジェントな方向への噴霧技術の開発も促進しました。

3.8 技術的な課題と解決策

モリブデン溶射線の製造技術は大幅に進歩しましたが、コーティングの剥離と亀裂、高温酸化と性能低下、製造コストと効率のバランス、複雑な基板の適応性など、多くの技術的課題がまだあります。ここでは、これらの課題の原因を分析し、実践的な解決策を提案します。

3.8.1 コーティングの剥がれとひび割れ

コーティングの剥離と亀裂は、モリブデンスプレーワイヤーの用途で一般的な問題であり、多くの場合、コーティングの基板への不十分な接着、熱応力の蓄積、またはコーティング内の欠陥によって引き起こされます。スパリングはコーティングの破損を引き起こし、亀裂はさらなる腐食や摩耗を引き起こし、コンポーネントの寿命を縮める可能性があります。

コーティングの剥離の主な原因は、基板の表面処理が不十分であるか、または不適切なスプレーパラメータです。基材の表面に油、酸化物、または不均一な粗さがあると、コーティングの基材への接着が弱まる可能性があります。この問題を解決するには、表面がきれいで適切な粗さを確保するために、基材の前処理、多段階の洗浄、サンドブラストプロセスを強化する必要があります。さらに、スプレー温度を下げたり、スプレー距離を調整したりするなど、スプレーパラメータを最適化することで、熔融液滴の急速な冷却を減らし、コーティングの接着性を向上させることができます。

亀裂は通常、熱的または機械的ストレスによって引き起こされます。スプレープロセス中、モリブデンコーティングと基板との間の熱膨張係数の違いは、特に高温冷却中に応力蓄積につながる可能性があります。解決策には、グラジエントコーティング技術を使用して、基板とモリブデンコーティングの間に遷移層(ニッケル基合金など)を導入することにより、熱膨張係数の違いを滑らかにすることが含まれます。熱処理とアニーリングも、残留応力を排除し、ゆっくりと冷却することでコーティングの靱性を高める効果的な方法で

[著作権および法的責任に関する声明](#)

す。さらに、低入熱のコールドスプレーなど、改良されたスプレープロセスにより、熱応力による亀裂を大幅に低減できます。

3.8.2 高温酸化と性能低下

高温でのモリブデンコーティングの酸化も大きな課題です。モリブデンは高温で酸素と容易に反応して揮発性酸化モリブデン(MoO_3)を形成し、コーティングの劣化やさらには故障につながります。この問題は、航空エンジンやガスタービンなどの高温用途で特に深刻です。

高温酸化の解決策には、表面改質と保護コーティングの適用が含まれます。シリコナイズ処理は、モリブデン線またはコーティングの表面に MoSi_2 の保護層を形成することにより、耐酸化性を大幅に向上させる効果的な方法です。また、ランタンやセリウムなどの希土類元素をドーピングして、粒子を微細化して安定な酸化物層を形成することで、コーティングの高温安定性を高める方法もあります。さらに、アルミナコーティングやジルコニアコーティングなどのプレコーティング技術は、スプレープロセス中の酸化物の形成を減らし、コーティング寿命を延ばします。

プロセスの最適化は、高温酸化に対処するための重要な手段でもあります。例えば、噴霧雰囲気として不活性ガス(アルゴンなど)を使用すると、酸素を効果的に分離し、酸化反応を減らすことができます。コールドスプレー技術の適用により、高温溶融が回避され、酸化のリスクが根本的に減少します。これらの方法を組み合わせることで、モリブデンコーティングは高温で長期的な性能安定性を維持することができます。

3.8.3 生産コストと効率のバランス

モリブデンスプレーワイヤーの製造コストは、主に原材料、設備、エネルギーの消費により高くなっています。高品質を維持しながら、生産効率を向上させ、コストを削減する方法は、業界が直面する重要な課題です。

原材料コストの管理は、モリブデン粉末の調製から始める必要があります。選鉱と精製のプロセスを最適化することで、モリブデン精鉱の回収率を向上させ、生産コストを削減することができます。さらに、スプレープロセスからのスパッタ粒子と廃棄物のリサイクルにより、原材料の廃棄物が大幅に削減されます。設備コストの削減は、モジュール設計とローカリゼーション技術の推進にかかっています。たとえば、ローカライズされたプラズマ溶射装置のコストは、輸入された装置のコストよりも 30%~50% 低く、その性能は徐々に国際レベルに近づいています。

効率の向上は、自動化とインテリジェントテクノロジーによって達成する必要があります。自動スプレーラインは、手動操作を減らし、生産速度を向上させるとともに、インテリジェントシステムはデータ分析を通じてプロセスパラメータを最適化し、不要なテストとスクラップ率を削減します。また、エネルギー効率の向上もコスト削減の鍵となります。高効率の熱源と省エネ冷却システムを使用することで、グリーン製造の要件を満たしながらエネルギー消費を削減できます。

著作権および法的責任に関する声明

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

著作権および法的責任に関する声明

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

3.8.4 複雑な基材の噴霧の適応性

曲面、多孔質構造、異形部品などの複雑な基板のコーティングは技術的な課題であり、特に航空宇宙や医療分野の高精度部品では、従来のコーティング方法で均一なコーティング成膜を実現することは困難です。

1つの解決策は、多軸モーションとパスプランニングを通じて複雑な基板形状に適応するロボット溶射システムを使用することです。視覚認識技術の導入により、ロボットはスプレーの角度と距離をリアルタイムで調整して、コーティングの均一性を確保できます。レーザーアシストスプレーは、液滴堆積を正確に制御できる高焦点の熱源で複雑な表面をコーティングする効果的な手段でもあります。

複雑な基材へのコールドスプレー技術の適用は有望です。コールドスプレーは低温であるため、ポリマーや複合材料などの熱に敏感な基材を、変形や性能の低下を引き起こすことなく処理できます。さらに、カスタマイズされたスプレーフィクスチャと補助ツールの開発により、複雑な基材のコーティング適応性をさらに向上させ、包括的で一貫したコーティングカバレッジを確保できます。



CTIA GROUP LTD モリブデンスプレーワイヤー

著作権および法的責任に関する声明

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

第4章 モリブデンスプレーワイヤーの分類

溶射技術の重要な材料として、モリブデン溶射ワイヤーの性能と適用範囲は、さまざまな製造プロセス、化学組成、および使用シナリオにより多様化しています。適切なモリブデン溶射線をよりよく理解し、選択するためには、それらを科学的に分類する必要があります。このセクションでは、モリブデン溶射線を純度、使用、溶射プロセスの3つの次元から詳細に分類し、さまざまなタイプのモリブデン線の特性、調製方法、および適用シナリオについて説明します。

4.1 純度による分類

モリブデンスプレーワイヤーの純度は、コーティングの化学的安定性、機械的特性、および耐食性に直接影響する、その性能のコア指標です。モリブデン線中のモリブデン含有量とドーパント元素の違いにより、高純度モリブデン線とドーパントモリブデン線の2つのカテゴリーに分類できます。

4.1.1 高純度モリブデン線

高純度モリブデンワイヤーとは、モリブデン含有量が99.95%以上で、不純物(鉄、ニッケル、炭素、酸素など)が非常に少ないモリブデンワイヤーを指し、通常は国内規格(GB/T 4181-2017 など)または国際規格(ASTM B387-18 など)の要件を満たしています。高純度モリブデンワイヤーは、アンモニア浸出、水素還元、真空製錬などの多段階精製プロセスを経て調製され、微量不純物が効果的に除去されます。

特異:

高い化学的安定性:高純度のモリブデンワイヤーは、高温および腐食性の環境で優れた耐酸化性と耐薬品性を示し、要求の厳しいアプリケーションに適しています。

優れた熱伝導率:高純度により、粒界での不純物の飛散が減少し、熱伝導率が向上するため、効率的な熱管理が必要なコーティングに適しています。

均一な微細構造:高純度モリブデン線の粒子は細く均一に分布しており、コーティング密度が高く、多孔性は低いです。

高コスト:複雑な精製プロセスのため、高純度モリブデン線の製造コストは高く、ハイエンド市場に適しています。

準備プロセス:高純度モリブデンワイヤーの製造は、高純度モリブデン粉末から始まります。モリブデン粉末は、水素還元炉によって厳密に制御された還元雰囲気中で調製され、粉末冶金プロセスを使用してモリブデンピレットにプレスされます。モリブデンピレットは、高温焼結、熱間圧延、およびマルチワイヤー描画プロセスを経て、徐々に直径を縮小し、最終的にフィラメントを形成します。延伸プロセスでは、高精度の金型とグラフィートエマルジョン潤滑剤を使用して、ワイヤーの表面が滑らかで欠陥がないことを確認します。アニーリングプロセスは、真空または水素保護の下で行われるため、内部応力が緩和され、機械的特性が最適化されます。表面洗浄では、化学的または超音波的方法を使用して残留潤滑剤や酸化物を除去し、フィラメントの清浄度を高いレベルで確保します。

アプリケーションシナリオ:高純度モリブデンワイヤーは、コーティング性能に対する要

[著作権および法的責任に関する声明](#)

件が非常に高い分野で広く使用されています。たとえば、航空宇宙分野では、高純度のモリブデンワイヤーで調製されたコーティングがタービンブレードや燃焼室に使用され、高温酸化や機械的摩耗に抵抗します。半導体業界では、高純度モリブデン線が真空コーティング電線に使用され、コーティングプロセス中に不純物汚染がないことを確認しています。化学業界では、高純度のモリブデンコーティングが反応器やパイプラインを酸性媒体の侵食から保護します。

4.1.2 ドープされたモリブデンワイヤー

ドープされたモリブデン ワイヤーは特定の特性を改善するためにモリブデンのマトリックスに希土類元素、陶磁器の粒子または他の金属のような微量元素を加えるモリブデンワイヤーです。一般的なドープ元素には、酸化ランタン(La_2O_3)、酸化イットリウム(Y_2O_3)、カリウム(K)、または炭化ケイ素(SiC)が含まれます。ドーピング量は通常、パフォーマンスの向上とコスト管理のバランスをとるために 0.1%~2%の間で制御されます。

特異:

高温性能の向上:希土類元素をドープしたモリブデン線(酸化ランタンドーピングなど)は、高温で安定した酸化物保護層を形成し、耐酸化性を大幅に向上させます。

機械的特性の向上:ドープされた元素は、粒子を微細化し、引張強度と靱性を高め、スプレードプロセス中にフィラメントが破損するリスクを低減します。

カスタマイズされた機能: ドープされたモリブデン ワイヤーは、耐摩耗性の向上や摩擦係数の減少などのアプリケーション要件に適合させることができます。

適度なコスト:高純度モリブデンワイヤーと比較して、ドープされたモリブデンワイヤーの製造コストはわずかに低く、大規模な産業用途に適しています。

調製プロセス:ドープされたモリブデンワイヤーの調製は、モリブデン粉末の製造段階でドープされた元素を導入します。例えば、酸化ランタンをドープしたモリブデン線は、酸化ランタン溶液とモリブデン酸アンモニウムを混合してドープされたモリブデン粉末を製造し、その後、モリブデン粉末を還元することによって製造されます。ドープされたモリブデン粉末は、プレス、焼結、延伸プロセスによってモリブデンワイヤーにされます。焼結プロセス中、ドーピングエレメントが均一に分布し、揮発性にならないように、温度と雰囲気を正確に制御する必要があります。延伸およびアニーリングプロセスは、高純度モリブデンワイヤーのプロセスと似ていますが、材料の硬度に対するドーピング元素の影響に対応するためにパラメータを調整する必要があります。洗浄プロセス中のドーピング要素の損失を避けるために、表面処理には特別な注意を払う必要があります。

アプリケーションシナリオ:ドープされたモリブデンワイヤーは、その目的を絞ったパフォーマンスの最適化により、特定の産業シナリオで広く使用されています。たとえば、酸化ランタンをドープしたモリブデンワイヤーは、ガスタービンブレードの耐高温コーティングに使用され、コンポーネントの寿命を延ばします。カリウムドープモリブデンワイヤーは、その高い靱性のために、自動車のピストンリングの耐摩耗性コーティングに適しています。炭化ケイ素をドープしたモリブデン線は、優れた耐摩耗性と耐食性を提供するためにオフショア機器に使用されています。ドープされたモリブデンワイヤーの多様化によ

著作権および法的責任に関する声明

り、コストとパフォーマンスのバランスをとることができ、特にミッドエンドからハイエンドの市場に適しています。

4.2 用途による分類

モリブデン溶射線は、工業用溶射用モリブデン線と機能性コーティング用モリブデン線の2つのカテゴリに分類できます。この分類は、さまざまなアプリケーションシナリオにおけるモリブデンワイヤの性能要件とコーティング設計を反映しています。

4.2.1 工業用噴霧用モリブデン線

工業用スプレー用のモリブデンワイヤーは、主に保護コーティングの調製に使用され、基板の耐摩耗性、耐食性、および高温耐性を向上させるように設計されています。このタイプのモリブデンワイヤーは、コーティングの信頼性と費用対効果を強調して、大規模な工業生産で広く使用されています。

特異:

高い耐久性:工業用スプレーコーティングは、機械的摩耗、化学的攻撃、または高温衝撃に耐える必要があります。モリブデンワイヤーは安定した機械的および化学的特性を備えている必要があります。

高い蒸着効率:工業用溶射は生産効率に重点を置いており、連続的かつ安定した溶射プロセスを確保するためには、モリブデン線を自動電線供給システムに適合させる必要があります。

汎用性:工業用スプレー用のモリブデンワイヤーは通常、標準仕様で、さまざまな基材(鋼、アルミニウム、セラミックなど)に適しています。

経済性:コーティング性能とコストのバランスをとる必要があります。工業用スプレー用のモリブデンワイヤーは主に高純度または軽くドーピングされたモリブデンワイヤーです。

準備および適用プロセス:工業用噴霧用のモリブデンワイヤーの準備プロセスは、粉末冶金、伸線、焼きなましによって作られた高純度のモリブデン粉末または軽くドーピングされたモリブデン粉末を使用して、比較的標準化されています。スプレープロセスは主に火炎溶射とアーク溶射であり、設備が簡単で低コストであるため、大面積のコーティング堆積に適しています。噴霧プロセス中、モリブデンワイヤーはワイヤー供給装置を介して一定の速度で噴霧ガンに入り、熔融後、熔融液滴を形成し、基材の表面に噴霧されます。研磨や熱処理などのコーティング後の処理により、性能をさらに最適化できます。

適用シナリオ:工業用噴霧用のモリブデン線は、次の分野で広く使用されています。

自動車産業:ピストンリング、シリンダーブロック、排気システム用の耐摩耗性高温コーティングにより、エンジンの効率と寿命を向上させます。

エネルギー産業:ボイラーパイプ、熱交換器、風力タービン部品を腐食や摩耗から保護します。

マリン&オフショア:プロペラと船体に防食コーティングを提供し、船舶機器の寿命を延ばします。

建設機械:掘削機のバケットと重機の表面コーティングにより、耐摩耗性と耐衝撃性が向上しています。

著作権および法的責任に関する声明

4.2.2 機能性コーティング用モリブデン線

機能性コーティング用のモリブデンワイヤーは、自己潤滑性、導電性、遮熱性、生体適合性コーティングなどの特定の機能を備えたコーティングを調製するために使用されます。これらのモリブデンワイヤーは、通常、ハイエンドアプリケーションを対象としており、特定の技術要件を満たすためにカスタマイズされた特性が必要です。

特異:

特別な機能:機能性コーティングは、低摩擦、導電性、耐熱衝撃性など、特定の用途向けに設計されています。

高精度の要件:コーティングは正確な厚さと微細構造を持つ必要があり、モリブデンワイヤーのサイズと表面品質は非常に高いです。

複雑なプロセス:高度なスプレー技術(プラズマスプレー、HVOF など)は、モリブデンワイヤーの熔融挙動と堆積効率に厳しい要件がある機能性コーティングによく使用されます。

高付加価値:機能性コーティング用のモリブデンワイヤーは、主にハイテク分野で使用されており、市場価値は高いが製造コストは高い。

準備と塗布プロセス:機能性コーティング用のモリブデンワイヤーの準備は、コーティング機能に応じてカスタマイズする必要があります。例えば、自己潤滑性コーティング用のモリブデンワイヤーには二硫化モリブデンまたはグラファイトをドーピングし、遮熱コーティング用のモリブデンワイヤーにはセラミックス粒子を配合してもよい。準備プロセスには、ワイヤーの均一性と安定性を確保するための高精度の伸線と多段アニーリングが含まれます。スプレープロセスは主にプラズマスプレー、HVOF またはコールドスプレーであり、コーティングの微細構造と特性を正確に制御できます。コーティングの密着性を確保するために、スプレーする前に基材の細かい前処理(サンドブラストや超音波洗浄など)が必要です。コーティング後の処理には、機能特性を最適化するためのレーザー再溶解またはシーリングが含まれる場合があります。

アプリケーションシナリオ:機能性コーティング用のモリブデンワイヤーは、次の分野で幅広い用途があります。

航空宇宙:遮熱コーティングは、部品を高温や酸化から保護するためにタービンブレードに使用されています。導電コーティングは、宇宙船の電気接点部品に使用されています。

エレクトロニクス&半導体:モリブデンコーティングは、真空コーティング装置のワイヤーを加熱して高純度コーティングを確保するために使用されます。自己潤滑性コーティングは、電子部品を高速でスライドさせるために使用されます。

医療:生体適合性モリブデンコーティングは、体液の腐食を減らすために人工関節やインプラントに使用されています。抗菌コーティングは手術器具に使用されます。

積層造形:モリブデンコーティングは、高温熔融材料の摩耗から 3D プリントノズルを保護します。

4.3 スプレープロセスによる分類

適用可能な噴霧プロセスに従って、モリブデンワイヤーは炎溶射のためのモリブデンワイヤー、アークスプレーのためのモリブデンワイヤー、血しょう噴霧のためのモリブデンワイヤー、高速酸素燃料の噴霧(HVOF)のためのモリブデンワイヤーおよび冷たい噴

[著作権および法的責任に関する声明](#)

霧のためのモリブデン ワイヤーに分けることができます。この分類は、さまざまなスプレー技術におけるモリブデンワイヤーの性能要件とプロセス特性を反映しています。

4.3.1 火炎噴霧用モリブデン線

フレームスプレーは、酸素アセチレン炎を使用してモリブデンワイヤーを加熱し、溶かして基板の表面にスプレーする従来のスプレープロセスです。火炎溶射用のモリブデンワイヤーは、安定した熔融挙動と適度な機械的特性を備えている必要があります。

特異:

簡単なプロセス:フレームスプレー装置は、低コストで操作が簡単で、現場での建設に適しています。

適度なコーティング特性:コーティングは高い気孔率と中程度の接着性を備えているため、一般的な産業用途に適しています。

モリブデンワイヤーのための条件は低いです:直径は通常 1.6-3.0 mm です、表面は滑らかである必要がありますが、純度の条件は比較的緩いです。

準備および適用プロセス:火炎噴霧のためのモリブデン ワイヤーは標準的なワイヤー延伸プロセスによって準備される高純度または軽くドーブされたモリブデン ワイヤーから大抵成されます。噴霧プロセス中、モリブデンワイヤーはワイヤ供給装置を介してスプレーガンに入り、酸素アセチレン炎がそれを溶かし、圧縮空気が熔融した液滴を基板に噴霧します。コーティング後は、多孔性を減らすために研磨または密封する必要があります。

アプリケーションシナリオ:

自動車部品(クランクシャフト、ピストンなど)の修理。

建設機械(掘削機のバケットなど)用の耐摩耗性コーティング。

橋梁の鉄骨構造の防錆コーティング。

4.3.2 アーク溶射用モリブデン線

アーク溶射は、2 本のモリブデン線の間に形成されたアーク熱を利用して電線を溶かし、基板表面に溶射します。アーク溶射用モリブデン線には、高い導電率と安定した送電性能が求められます。

特異:

高い成膜効率:アーク溶射速度が速く、大面積コーティングに適しています。

より高いコーティング品質:コーティングは、フレームスプレーよりも気孔率が低く、接着力が強いです。

ダブルワイヤー設計:2 本のモリブデンワイヤーを同期して供給する必要があります、ワイヤー直径の一貫性を高くする必要があります。

準備と適用プロセス:アーク溶射用のモリブデン線は、通常、直径 1.6~2.0mm の高純度モリブデン線です。準備プロセスは、アークの安定性を確保するために、ワイヤーの寸法精度と表面仕上げに焦点を当てています。噴霧装置には、ワイヤ供給速度を正確に制御するた

[著作権および法的責任に関する声明](#)

めのデュアルワイヤ供給システムが装備されています。

アプリケーションシナリオ:

船舶(船体、甲板など)の防食コーティング。

風力タービンブレード用の耐摩耗性コーティング。

鋼橋の保護コーティング。

4.3.3 プラズマ溶射用モリブデン線

プラズマ溶射は、高温プラズマ(最大 15,000°C)を使用してモリブデン線を溶かし、高性能コーティングを形成します。プラズマ溶射用のモリブデン線は、高い純度と精度が求められます。

特異:

高いコーティング品質:緻密なコーティング、低気孔率、強力な接着性。

複雑なプロセス:高い設備コストとプラズマパラメータの正確な制御。

モリブデン線に対する高い要求:高純度で、表面に欠陥がないことが必要です。

準備と塗布プロセス:プラズマ溶射用のモリブデンワイヤーは、直径 1.0~2.0mm の高純度

モリブデンワイヤーでできており、表面は電気化学的に研磨されています。プラズマは溶射装置内で不活性ガス(アルゴンなど)によって発生し、モリブデン線を高温のプラズマ流で溶かし、成膜後に高密度のコーティングを形成します。

アプリケーションシナリオ:

航空エンジンのタービンブレードの遮熱コーティング。

半導体デバイス用導電コーティング剤。

高温反応器用の耐食コーティング。

4.3.4 高速酸素燃料噴霧(HVOF)用モリブデン線。

HVOF 溶射は、超音速炎を介してモリブデンコーティングを堆積させるもので、これは高い硬度と強い接着力を備えています。HVOF 用モリブデン線は、高温高压の注入に耐性が必要です。

特異:

超高コーティング性能:コーティングの多孔性は非常に低く、硬度はセラミックコーティングに近いです。

高い設備要件:高压燃料と精密な制御システムが必要です。

モリブデン線は安定性が高いため、高速噴射の衝撃に耐える必要があります。

準備と適用プロセス:HVOF 用のモリブデンワイヤーのほとんどは高純度またはドーパされたモリブデンワイヤーであり、準備プロセスはワイヤーの靱性と表面品質を最適化します。噴霧装置は、酸素と灯油などの燃料を用いて超音速炎を発生させ、モリブデン線が高温で熔融し、高速で堆積する装置です。

著作権および法的責任に関する声明

アプリケーションシナリオ:

ガスタービンブレード用の耐摩耗性コーティング。

航空宇宙油圧部品用の高硬度コーティング。

深海機器用の耐圧コーティング。

4.3.5 コールドスプレー用モリブデンワイヤー

コールドスプレーは、超高速ガスを介してモリブデン粒子の堆積を促進し、低温でコーティングを形成します。コールドスプレー用のモリブデンワイヤーは、細くて均一である必要があります。

特異:

低温プロセス:酸化を防ぎ、熱に弱い基板に適しています。

強力な環境保護:グリーン製造に沿った排気ガスなし。

モリブデンワイヤーの特別な要件:微粒子または粉末の形態が必要です。

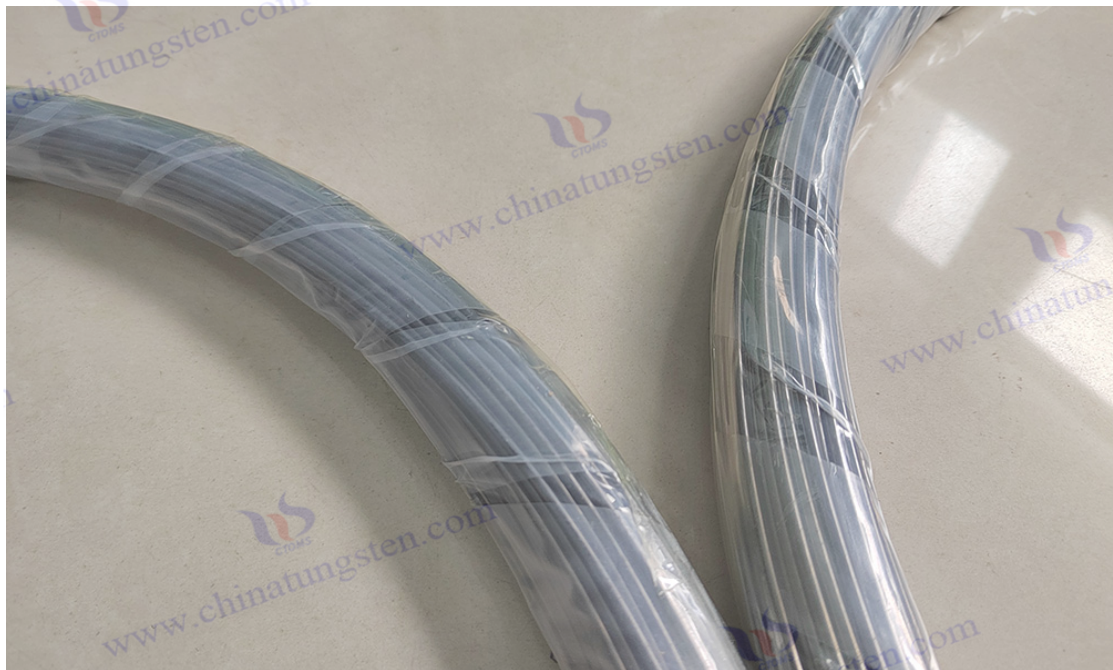
準備と適用プロセス:コールドスプレー用のモリブデンは、特殊な粉碎またはガス噴霧によって調製する必要があります。粒子サイズはミクロンレベルで制御されます。スプレー装置は、窒素などの高圧ガスを使用して、基板の表面に堆積した粒子を加速し、緻密なコーティングを形成します。

アプリケーションシナリオ:

電子部品用の熱伝導性コーティング。

アルミニウム合金基板の修理。

医療機器用の生体適合性コーティング。



CTIA GROUP LTD モリブデンスプレーワイヤー

著作権および法的責任に関する声明

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

第5章 モリブデンスプレーワイヤーの使用

モリブデンスプレーワイヤーは、その高い融点、耐食性、優れた機械的特性により、多くの産業分野でかけがえのない役割を果たしています。モリブデンコーティングは、フレームスプレー、プラズマスプレー、アークスプレー、高速酸素燃料スプレーなどの溶射技術によって基板の表面に堆積されるため、コンポーネントの耐摩耗性、耐高温性、耐食性を大幅に向上させることができます。この章では、航空宇宙、自動車、化学およびエネルギー、電子機器および半導体、医療およびバイオエンジニアリング、およびその他の分野でのモリブデンスプレーワイヤーの幅広い用途について詳しく説明します。

5.1 航空宇宙分野

航空宇宙産業では、材料特性に対する要求が非常に厳しく、部品は高温、高圧、腐食性の高い環境下でも安定して動作する必要があります。モリブデン溶射線は、その優れた高温性能と耐酸化性により、航空エンジンや宇宙船の主要部品のコーティングの調製に広く使用されています。このセクションでは、タービブレードとエンジン部品、高温構造部品と遮熱コーティング、および宇宙船の耐摩耗性および防食コーティングにおけるモリブデンスプレーワイヤーの特定の用途について説明します。

5.1.1 タービブレードとエンジン部品

航空エンジンのタービブレードは、航空エンジンのコアコンポーネントであり、非常に高い温度、圧力、機械的ストレスにさらされます。モリブデンスプレーワイヤーによって調製されたモリブデンコーティングは、その高い硬度と耐摩耗性により、タービブレードの表面保護に理想的な選択肢となっています。モリブデンコーティングは、プラズマ溶射または高速酸素溶射(HVOF)によってニッケル基合金またはチタンブレードの表面に堆積され、高温ガス流の侵食や微粒子摩耗に効果的に抵抗できる強靱な保護層を形成します。

タービブレードの使用環境では、温度が 1000°C を超えることがあり、高速回転と振動により、通常の材料はこのような過酷な条件にほとんど耐えられません。モリブデンコーティングの優れた熱伝導率と耐熱衝撃性により、熱を効果的に分散させ、ブレード表面への熱応力集中を減らすことができます。さらに、モリブデンコーティングの硬度が高いため、砂や燃焼残留物などの固体粒子の影響に抵抗し、ブレードの寿命を延ばします。実際の用途では、モリブデンコーティングは、ジルコニア遮熱コーティングなどの他の材料と組み合わせられて、ブレードの高温耐性をさらに向上させる複合コーティングを形成することがよくあります。

モリブデンスプレーワイヤーは、燃焼室やノズルなどの他のエンジン部品にも広く使用されています。燃焼室内の極端な熱と化学腐食には、耐酸化性に優れた材料が必要であり、モリブデンコーティングは安定した酸化層を形成することにより、基板を侵食から保護します。噴霧プロセスの柔軟性により、モリブデンコーティングは複雑な形状に適応し、燃焼室とノズルを完全に保護します。このコーティング技術の適用により、航空エンジンの信頼性とメンテナンス間隔が大幅に向上し、航空宇宙産業の効率と安全性に重要なサポートを提供します。

著作権および法的責任に関する声明

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

著作権および法的責任に関する声明

5.1.2 高温構造部品と遮熱コーティング

ロケットエンジンのノズル、ホットエンド部品、再突入宇宙船の筐体など、航空宇宙機の高温構造部品は、極端な温度で構造的完全性を維持する必要があります。モリブデンスプレーワイヤーで調製されたコーティングは、融点が高く、耐熱衝撃性が高いため、これらのコンポーネントに理想的な保護材料です。モリブデンコーティングは、プラズマ溶射技術によって超合金またはセラミックマトリックス複合材料の表面に堆積して、高温酸化および熱サイクル応力に効果的に耐えることができる緻密な保護層を形成します。

遮熱コーティング(TBC)は、基板の表面温度を下げ、部品の寿命を延ばすための航空宇宙産業における重要な技術です。モリブデンコーティングは、断熱材をセラミックス(ジルコニアなど)の最上層に接続するための遮熱コーティングシステムのバインダー層としてよく使用されます。モリブデンコーティングの熱膨張係数は、金属基板とセラミックコーティングの熱膨張係数の間にあり、熱膨張の不一致によって引き起こされる応力を効果的に軽減し、コーティングの剥離を防ぐことができます。さらに、モリブデンコーティングの高い熱伝導率は、セラミック層から基板への熱伝導を助け、遮熱システムの性能を最適化します。

スペースシャトルや極超音速機のホットエンド部品では、モリブデンコーティングがアブレーション防止剤としても機能します。アブレーションとは、高温の空気流の影響下で材料が徐々に失われることを指し、モリブデンコーティングはアブレーションの速度を遅らせ、高い融点と化学的安定性を通じて重要なコンポーネントを保護することができます。このコーティング技術を応用することで、宇宙機は極限環境下での長時間のミッションを遂行することが可能となり、深宇宙探査や高速飛行の技術サポートを提供します。

5.1.3 宇宙船の耐摩耗性および防食コーティング

宇宙船は、打ち上げ、運用、回収の過程で、大気摩擦、化学腐食、機械的摩耗など、複雑な環境問題に直面します。モリブデン溶射線で調製された耐摩耗性および防食コーティングは、衛星アンテナ、推進システム部品、着陸装置など、宇宙船の外部構造および主要部品に広く使用されています。これらのコーティングは、アーク溶射または HVOF 技術によって堆積されるため、コンポーネントの耐久性と信頼性を大幅に向上させることができます。

宇宙船の外装では、モリブデンコーティングは、特に海洋性気候の発射場環境において、大気中の酸素と湿気の腐食に対して耐性があります。モリブデンコーティングの高硬度と低摩擦係数により、高速飛行中に遭遇するほこりや氷の粒子などの小さな粒子による衝撃摩耗に耐性があります。さらに、モリブデンコーティングの化学的不活性により、化学燃料や酸化剤にさらされても安定しており、宇宙船の重要な部品を侵食から保護します。

モリブデンコーティングの低摩擦特性は、ソーラーウィングのヒンジやアンテナ駆動機構など、衛星の可動部分で特に重要です。これらの部品は真空環境で高精度な動きが必要であり、摩擦や摩耗があると機能障害につながる可能性があります。モリブデンスプレーワイヤーで調製されたコーティングは、その滑らかな表面と優れた耐摩耗性により、これらのコンポーネントの長期安定動作を保証します。宇宙船のコーティング技術の進歩は、機

[著作権および法的責任に関する声明](#)

器の性能を向上させただけでなく、将来の深宇宙探査ミッションに対して、より信頼性の高い材料サポートを提供しました。

5.2 自動車産業

自動車産業は、その耐摩耗性、高温耐性、低摩擦特性により、エンジン、排気システム、ブレーキシステムコンポーネントの性能を向上させるために広く使用されているモリブデンスプレーワイヤーの重要な応用分野です。このセクションでは、エンジンのピストンとシリンダーブロックのコーティング、排気システムの高温コーティング、およびブレーキシステムの摩耗コーティングにおけるモリブデンスプレーワイヤーの特定の用途について検討します。

5.2.1 エンジンピストンとブロックコーティング

自動車のエンジンのピストンやシリンダーブロックは、高温・高圧・高速の摩擦環境下での動作が求められる自動車の基幹部品です。モリブデンスプレーワイヤーによって調製されたモリブデンコーティングは、その高い硬度と低い摩擦係数により、ピストンおよびシリンダー表面の理想的な保護層になります。モリブデンコーティングは、通常、アーク溶射または火炎溶射技術によってアルミニウム合金または鋳鉄基板の表面に堆積し、摩擦摩耗を大幅に低減し、エンジンの効率と寿命を向上させる強靱な保護層を形成します。

ピストンリングの用途では、モリブデンコーティングにより、シリンダー壁との摩擦を効果的に低減し、エネルギー損失と燃料消費を削減できます。モリブデンコーティングの多孔質構造には、一定のオイル貯蔵能力もあり、運転中の潤滑を維持し、乾燥摩擦による火傷を防ぐことができます。さらに、モリブデンコーティングの高温耐性により、燃焼室の高温環境でも安定し、燃焼生成物の腐食に耐えることができます。このコーティング技術の適用により、現代の自動車エンジンは、メンテナンスコストを低く抑えながら、より高い圧縮比と出力で動作することができます。

シリンダーブロックの内側のモリブデンコーティングも同様に重要です。シリンダーブロックの表面は、ピストンリングの繰り返し摩擦や高温ガスの衝撃に耐える必要があり、通常材料では長期間性能を維持することは困難です。モリブデンコーティングは、シリンダーブロックの表面を効果的に保護し、その高い硬度と耐熱衝撃性により耐用年数を延ばすことができます。一部の高性能車両では、モリブデンコーティングをセラミックやカーボンベースのコーティングなどの他の材料と組み合わせて使用し、性能をさらに向上させる複合コーティングを形成します。この技術の普及により、自動車業界はより効率的で環境に優しい開発へと進んでいます。

5.2.2 排気システムの高温耐性コーティング

自動車の排気システムは、高温で腐食性のガス環境で動作するため、優れた耐熱性と耐食性が求められます。融点が高く、化学的安定性が高いため、モリブデンスプレーワイヤーで調製されたモリブデンコーティングは、排気管、触媒コンバーター、マフラーの表面保護に広く使用されています。これらのコーティングは、プラズマ溶射または HVOF 技術によって堆積され、高温の排気ガスによる侵食や酸化に耐性があります。

[著作権および法的責任に関する声明](#)

排気システムの動作温度は 800°C 以上にもなることがあり、特にターボチャージャー付きエンジンでは排気ガス温度がさらに高くなります。モリブデンコーティングは、安定した酸化物層を形成することにより、ステンレス鋼や軟鋼などの基材が高温で酸化または脆化するのを防ぎます。さらに、モリブデンコーティングの耐熱衝撃性により、頻繁な高温および低温サイクルに耐えることができ、温度変化による亀裂や剥離を回避できます。触媒コンバーターでは、モリブデンコーティングは内部の貴金属触媒も保護し、その耐用年数を延ばし、排気ガス処理の効率を向上させます。

モリブデンコーティングの低摩擦特性は、バルブや接続部など、排気システムの特定の部分でも重要な役割を果たします。これらの部品は高温でも柔軟な動きを維持する必要があり、モリブデンコーティングを施すことで摩擦摩耗を低減し、システムの信頼性を向上させることができます。モリブデンスプレーワイヤー技術により、自動車の排気システムは過酷な環境でも長期的に安定した性能を維持でき、車両の環境性能と耐久性に重要なサポートを提供します。

5.2.3 ブレーキシステムの耐摩耗性コーティング

ブレーキシステムは自動車の安全性の中心であり、ブレーキディスクとパッドは高レベルの摩擦と熱負荷にさらされます。モリブデンスプレーワイヤーで調製されたモリブデンコーティングは、その高い硬度と耐摩耗性によりブレーキディスクの表面に広く使用されており、摩耗や熱劣化に強い能力を高めています。モリブデンコーティングは、HVOF またはアーク溶射技術によって堆積され、強靱な保護層を形成し、ブレーキシステムの性能と寿命を大幅に向上させます。

ブレーキング時には、ブレーキディスクとブレーキパッドの高速摩擦により大量の熱が発生し、表面温度が急激に上昇します。モリブデンコーティングの高い熱伝導率と耐熱衝撃性により、熱を効果的に分散させ、ブレーキディスクの過熱や変形、亀裂を防ぐことができます。また、モリブデンコーティングの摩擦係数が低いため、制動時のエネルギーロスを低減し、制動効率を向上させることができます。高性能スポーツカーや大型商用車では、モリブデンコーティングは頻繁なブレーキングによる摩耗にも耐え、ブレーキディスクの寿命を延ばします。

ブレーキパッドにモリブデンコーティングを施すことも同様に重要です。モリブデンコーティングは、ブレーキパッドの耐摩耗性と耐高温性を向上させ、摩耗粒子の発生を減らし、ブレーキダストの環境への影響を減らすことができます。電気自動車の分野では、電気自動車のブレーキシステムは回生ブレーキの動作モードに適応するためにより高い耐久性を必要とするため、モリブデンコーティングの適用が特に顕著です。モリブデンワイヤー技術のスプレーにより、ブレーキシステムの性能が大幅に向上し、車の安全性と環境保護が保証されました。

5.3 化学およびエネルギー産業

化学・エネルギー産業は、腐食性の高い薬品、高温・高圧など、さまざまな極限環境を伴いますが、モリブデン溶射線を作製したコーティングは、その耐食性や耐熱性から、これ

[著作権および法的責任に関する声明](#)

らの分野で重要な材料となっています。このセクションでは、パイプやバルブ、反応器や熱交換器、太陽光や風力機器の耐食コーティングにスプレーコーティングされたモリブデンワイヤーの用途について検討します。

5.3.1 耐食パイプとバルブ

化学工業のパイプやバルブは、強酸、アルカリ、またはその他の腐食性媒体にさらされることが多く、通常材料ではこの侵食に長期間耐えるのが困難です。モリブデンスプレーワイヤーによって調製されたモリブデンコーティングは、その優れた化学的安定性と耐食性により、パイプラインやバルブの表面保護に広く使用されています。これらのコーティングは、プラズマ溶射または冷間溶射技術によって堆積され、腐食性媒体を効果的に隔離する緻密な保護層を形成します。

石油化学業界では、パイプとバルブは硫黄含有化合物、塩化物、およびその他の腐食性ガスに耐える必要があります。モリブデンコーティングの化学的不活性により、これらの環境で安定した状態を保つことができ、炭素鋼やステンレス鋼などの基材の腐食や孔食を防ぐことができます。さらに、モリブデンコーティングの高硬度は、流動媒体中の固体粒子の侵食や摩耗に抵抗し、パイプやバルブの耐用年数を延ばします。オフショアの石油およびガスプラットフォームでは、モリブデンコーティングの適用は、海水や塩水噴霧の腐食に耐えることができ、過酷な環境での機器の信頼性を確保することができるため、特に重要です。

スプールやシートなどのバルブの可動部品には、低摩擦と高い耐摩耗性が必要であり、モリブデンコーティングを施すことで、これらのコンポーネントの性能を大幅に向上させることができます。モリブデンコーティングの滑らかな表面と低い摩擦係数により、バルブ動作中の抵抗が減少し、スイッチの柔軟性と気密性が向上します。モリブデンワイヤ溶射技術を使用することで、化学パイプとバルブのメンテナンス間隔が延長され、運用コストとダウンタイムが削減されます。

5.3.2 反応器と熱交換器のコーティング

化学反応器と熱交換器は、化学生産の中核装置であり、高温、高圧、腐食性の環境で動作する必要があります。モリブデンスプレーワイヤーによって調製されたモリブデンコーティングは、その高温耐性と耐食性により、これらのデバイスにとって理想的な保護材料です。モリブデンコーティングは、HVOF またはプラズマ溶射技術によって堆積され、反応器や熱交換器の内面を保護する強靱な保護層を形成することができます。

反応器はしばしば複雑な化学反応を伴うため、高温のガスや腐食性液体が発生し、材料に非常に高い要求が課せられます。モリブデンコーティングの高い融点と化学的安定性により、高温での構造的完全性を維持しながら、酸性またはアルカリ性媒体による攻撃に耐えることができます。熱交換器では、モリブデンコーティングの優れた熱伝導性が熱交換効率の向上に役立ち、熱衝撃耐性は頻繁な温度変化に耐え、コーティングの亀裂や剥離を防ぐことができます。

原子力産業では、モリブデンコーティングを使用して、熱交換器のチューブ束を放射性媒

[著作権および法的責任に関する声明](#)

体の腐食から保護します。モリブデンコーティングの中性子吸収断面積が低いいため、核反応環境で独自の利点が得られ、反応の効率を損なうことなく保護を提供します。モリブデンワイヤー技術の噴霧により、反応器と熱交換器の性能と安全性が大幅に向上し、化学およびエネルギー産業の安定した運転が保証されています。

5.3.3 太陽および風力エネルギー機器のコーティング

再生可能エネルギー機器の急速な発展により、材料特性に対する新たな要件が提唱され、モリブデンスプレーワイヤーによって調製されたコーティングは、太陽および風力エネルギー機器で重要な役割を果たしてきました。これらのコーティングは、耐摩耗性、耐食性、および高い熱伝導性により、機器の効率と寿命を向上させます。

太陽熱発電システムでは、集電管の表面保護にモリブデンコーティングが施されています。モリブデンコーティングの高い熱伝導率と耐熱衝撃性により、高温酸化や熱サイクルによる損傷を防ぎながら、効率的な熱伝達が保証されます。風力エネルギー機器では、モリブデンコーティングは風力タービンのブレードとベアリングを保護するために使用されています。風力タービンは、砂、湿気、塩水噴霧にさらされる不安定な自然環境で運転され、モリブデンコーティングの耐摩耗性と耐食性により、ブレードとベアリングの耐用年数を効果的に延ばすことができます。

モリブデンコーティングの低摩擦特性は、風力タービンの伝送システムにおいて特に重要であり、ギアやベアリングの摩耗を減らし、エネルギー変換効率を向上させます。コールドスプレー技術は、再生可能エネルギー機器でもますます使用されており、その低温特性は、熱損傷を回避するための複合材料または軽合金基板のモリブデンコーティングの調製に適しています。再生可能エネルギーの普及を技術サポートするモリブデンワイヤー溶射技術の適用により、太陽光および風力エネルギー機器の信頼性と効率が大幅に向上しました。

5.4 電子および半導体産業

エレクトロニクスおよび半導体業界は、材料の純度、導電性、熱安定性に対する要求が非常に高く、モリブデン溶射線は、その高純度と優れた物理的特性により、この分野で重要な材料になっています。このセクションでは、真空コーティング、半導体リードおよび電極用の電熱線、および薄膜堆積用のモリブデンワイヤーコーティングへのスプレーコーティングされたモリブデンワイヤーの適用について説明します。

5.4.1 真空コーティング用電熱線

真空コーティングは、ディスプレイ、センサー、集積回路などのデバイスを製造するために、エレクトロニクスおよび半導体業界で一般的に使用される薄膜調製技術です。モリブデン溶射線は、融点が高く、電気伝導性が良いため、真空コーティング装置の電熱線として広く使用されています。モリブデン線は抵抗によって加熱されて高温になり、アルミニウムや銅などの蒸発した材料を気化させて基板の表面に堆積させることで均一な膜を形成します。

モリブデンワイヤーの高い純度と化学的安定性により、真空環境で長時間動作し、不純物の酸化や揮発による汚染を回避できます。モリブデン溶射線は、表面改質(シリコニゼー

[著作権および法的責任に関する声明](#)

ションなど)により耐酸化性をさらに向上させ、電熱線の寿命を延ばします。さらに、モリブデンワイヤーの機械的強度と耐熱衝撃性により、頻繁な加熱および冷却サイクルに耐え、安定した性能を維持できます。高精度のコーティング装置では、モリブデンワイヤーの均一性と表面仕上げがフィルムの品質にとって重要であり、スプレープロセスによりワイヤーのこれらの特性が保証されます。

5.4.2 半導体リード線と電極

半導体デバイスのリード線や電極には、高い導電性と高い耐熱性が求められますが、モリブデン溶射線で作製したモリブデンコーティングは、その優れた電氣的・機械的特性から、これらの部品に広く使用されています。モリブデンコーティングは、プラズマ溶射またはコールド溶射技術によってリードフレームまたは電極表面に堆積され、導電性と耐腐食性に優れた保護層を形成します。

半導体パッケージングでは、リードフレームに高温はんだ付けと薬品洗浄を施し、モリブデンコーティングの化学的不活性と高硬度がフレームを損傷から保護します。パワー半導体デバイスでは、電極の表面にモリブデンコーティングを施すことで、電極の導電性や耐磨耗性を高め、大電流・高電圧での安定動作を実現しています。モリブデンコーティングの熱膨張係数が低いため、シリコンベースの材料によく適合し、熱応力による亀裂が減少します。

5.4.3 薄膜形成用モリブデン線コーティング

薄膜形成は、半導体業界において、導電層、絶縁層、バリア層などの機能性薄膜を作製するための重要な技術です。その高い純度と均一性により、スプレーコーティングされたモリブデンワイヤーは、薄膜形成のターゲットまたは補助材料として使用されます。モリブデンコーティングは、コールドスプレーまたはプラズマスプレー技術によって基板の表面に堆積され、物理蒸着(PVD)または化学蒸着(CVD)プロセスに適した高密度の膜を形成します。

モリブデンコーティングの優れた導電性と化学的安定性により、薄膜形成において安定した性能を発揮し、高温や反応性ガスでのターゲット材料の劣化を防ぎます。ディスプレイ製造では、モリブデンコーティングを使用して透明な導電性フィルム(酸化インジウムスズの裏面電極など)を作成し、フィルムの導電性と耐久性を向上させます。モリブデン溶射ワイヤー技術により、薄膜成膜の効率と品質が大幅に向上し、エレクトロニクスおよび半導体業界のイノベーションを支えています。

5.5 医療および生物工学

医療およびバイオエンジニアリング分野では、材料の生体適合性、耐食性、高温性能に対する要求が非常に高く、モリブデンスプレーワイヤーによって調製されたモリブデンコーティングは、その優れた性能で医療機器やバイオエンジニアリング機器に広く使用されています。このセクションでは、医療機器の発熱体や耐腐食性医療機器のコーティングにおけるモリブデンスプレーワイヤーの用途を探ります。

[著作権および法的責任に関する声明](#)

5.5.1 医療機器用発熱体

メスヒーター、歯科用機器、実験室分析機器などの医療機器の発熱体は、高温で安定性と信頼性が必要です。これらの発熱体の材料には、融点が高く電気伝導性に優れたスプレーコーティングされたモリブデン線が使用されています。モリブデン線は抵抗によって加熱されて高温が発生し、サンプルの切断、焼灼、または加熱に使用され、その高い純度と化学的安定性により、医療環境での安全性が確保されます。

歯科用機器では、モリブデンワイヤーは、セラミッククラウンまたはインプラントを製造するための高温焼結炉の発熱体として使用されます。モリブデンワイヤーの高温安定性と耐酸化性により、複数回の加熱サイクルでその性能を維持でき、材料の劣化による汚染を回避できます。実験室の分析機器では、モリブデンワイヤーは質量分析計や熱分析機器の発熱体として使用され、サンプルの正確な加熱と信頼性の高い分析結果を保証します。

5.5.2 医療機器用の耐食コーティング

手術器具、インプラント、診断装置などの医療機器は、体液や消毒剤の存在下で耐食性を維持する必要があります。モリブデンスプレーワイヤーによって調製されたモリブデンコーティングは、化学的不活性と高硬度のために、これらのデバイスの表面保護に広く使用されています。モリブデンコーティングは、コールドスプレーまたはプラズマスプレー技術によって堆積され、機器の表面の腐食や摩耗を防ぐ緻密な保護層を形成します。

人工関節や骨の爪などの整形外科インプラントでは、モリブデンコーティングはチタン合金などの基材の耐食性と生体適合性を改善し、体液に対するインプラント反応によって引き起こされる炎症を軽減することができます。手術器具では、モリブデンコーティングの低摩擦と高硬度により、切断中の抵抗を減らし、工具の耐久性と精度を向上させることができます。モリブデンワイヤー技術のスプレーにより、医療機器の性能と安全性が大幅に向上し、患者の治療が保証されています。

5.6 その他の適用分野

モリブデン溶射線の使用は、上記の主要な分野に限定されず、海洋およびオフショアエンジニアリング、建設機械および重機、高温ストーブおよび熱処理装置でも重要な役割を果たしています。このセクションでは、これらの領域における特定のアプリケーションについて説明します。

5.6.1 船舶およびオフショアエンジニアリング用の防食コーティング

腐食は、海水、塩水噴霧、湿度の高い環境で動作する船舶やオフショア機器にとって大きな課題です。モリブデンスプレーワイヤーによって調製されたモリブデンコーティングは、その優れた耐食性と高硬度により、船舶のプロペラ、舵シャフト、オフショアプラットフォームのパイプライン保護に広く使用されています。モリブデンコーティングは、HVOF またはアーク噴霧技術によって堆積され、海水のガルバニック腐食や固体粒子の侵食や摩耗に効果的に耐えることができます。

オフショアプラットフォームでは、モリブデンコーティングを使用して掘削パイプやバルブを保護し、過酷な環境での耐用年数を延ばします。モリブデンコーティングの低摩擦特

[著作権および法的責任に関する声明](#)

性は、油圧システムなどの可動部品の性能も向上させ、メンテナンスの必要性を減らします。モリブデンワイヤー溶射技術の適用により、海洋およびオフショア機器の信頼性と安全性が大幅に向上しました。

5.6.2 建設機械および重機用の耐摩耗性コーティング

掘削機のバケット、ブルドーザーのブレード、クラッシャーハンマーなどの建設機械や重機は、高いレベルの摩耗と衝撃にさらされます。モリブデンスプレーワイヤーによって調製されたモリブデンコーティングは、その高い硬度と耐摩耗性により、これらのコンポーネントに理想的な保護材料です。モリブデンコーティングは、HVOF 技術によって堆積され、砂、岩石、その他の研磨剤の衝撃に対して強靱な保護層を形成します。

重機では、モリブデンコーティングの低摩擦特性により、部品間の摩耗が減少し、機械効率が向上します。たとえば、油圧ショベルのバケットのモリブデンコーティングは、岩石質の土壌での寿命を延ばし、交換の頻度とメンテナンスコストを削減します。モリブデンワイヤー技術の適用により、建設機械の性能と耐久性が大幅に向上し、エンジニアリングプロジェクトの効率を支えています。

5.6.3 高温ストーブと熱処理装置

高温ストーブや熱処理装置は、極めて高い温度で運転する必要があり、材料には高温や酸化に対する優れた耐性が求められます。その高い融点と化学的安定性により、スプレーコーティングされたモリブデンワイヤーは、高温ストーブの発熱体および保護コーティングとして使用されます。モリブデン線は抵抗によって加熱されて高温が発生し、金属の熱処理、セラミック焼結、ガラス熔融に使用され、その高い純度と耐酸化性により、長期的に安定した性能が保証されます。

熱処理装置では、モリブデンコーティングを使用して、炉の内壁と支持構造を高温酸化や化学的攻撃から保護します。モリブデンコーティングの高い熱伝導率と耐熱衝撃性により、頻繁な温度変化に耐え、亀裂や剥離を防ぐことができます。モリブデンスプレーワイヤー技術により、高温ストーブの性能と寿命が大幅に向上し、工業生産の安定性と効率が保証されています。

著作権および法的責任に関する声明



CTIA GROUP LTD モリブデンスプレーワイヤー

第6章 モリブデンスプレーワイヤーの製造設備

モリブデンスプレーワイヤーの製造プロセスには、原材料の処理から最終的なコーティングの堆積まで、多くの複雑なステップが含まれ、それぞれにプロセスの精度と製品品質の安定性を確保するための特殊な機器が必要です。この章では、原材料処理装置、モリブデンワイヤ製造装置、噴霧装置、補助および後処理装置、自動化およびインテリジェント装置など、モリブデンスプレーワイヤーの製造に必要なさまざまなタイプの機器について詳しく説明します。これらの機械は、被覆モリブデン電線の製造の技術的基盤を形成し、航空宇宙、自動車産業、化学、エネルギー分野のアプリケーションに信頼性の高いサポートを提供します。

6.1 原料加工設備

原材料の加工は、モリブデン溶射線の製造の最初のステップであり、モリブデン鉱石から高純度のモリブデン粉末への複雑な変換プロセスが含まれます。この段階の機器は、モリブデン粉末の高純度と一貫性を確保するために、高精度で厳格な環境制御機能を備えている必要があります。ここでは、モリブデン粉末の調製・還元装置、焼結炉・鍛造装置について解説します。

6.1.1 モリブデン粉末の調製および還元装置

モリブデン粉末の調製および還元装置は、モリブデン鉱石精製後の酸化モリブデン(MoO_3)を高純度金属モリブデン粉末に変換するために使用される原材料加工の中核です。これらには、クラッシャー、ミル、浮選装置、水素還元炉が含まれ、それぞれがプロセスチェーン

著作権および法的責任に関する声明

ンで特定の役割を果たします。

クラッシャーとミルは、大きな鉬石からモリブデン鉬石を微粒子に処理するために使用されます。ジョークラッシャーとコーンクラッシャーは、鉬石をより小さな粒子に粉碎することができ、その後の粉碎処理に適した一般的に使用される一次破碎装置です。粉碎機(ボールミルやロッドミルなど)は、回転シリンダー内の粉碎媒体を介して鉬石をさらに微粉末に粉碎します。システム:[分離] を選択して準備します。これらの機器には、均一な粒子サイズを確保しながら粉塵汚染を減らすために、効率的な集塵システムを装備する必要があります。

浮選装置は選鉬プロセスの鍵であり、細かく粉碎された鉬石からモリブデン鉬石(MoS_2)を分離するために使用されます。浮遊選鉬セルは通常、スラリーと空気を満たされた複数の浮遊選鉬タンクで構成され、これらがコレクターと発泡剤と組み合わせられて泡を形成し、モリブデン粒子を不純物から分離します。現代の浮選装置は、自動制御システムを採用しており、添加剤の添加量と気泡の流れをリアルタイムで調整し、選鉬効率を向上させ、純度を濃縮することができます。浮選モリブデン濃縮物は、その後の焙煎に備えてる過および乾燥されます。

焙煎機は、モリブデンを酸化モリブデンに変換するために使用され、モリブデン粉末の調製における重要なステップです。ロータリーキルンとマルチチャンバー炉は、高温酸化によってモリブデンから硫黄を除去し、酸化モリブデン粉末を生成するために一般的に使用される焙煎装置です。これらのストーブには、硫黄を完全に除去し、二酸化硫黄の排出を減らすために、精密な温度制御システムと排気ガス処理ユニットを装備する必要があります。焙煎された酸化モリブデンは、アンモニア浸出装置によってさらに精製され、微量の不純物が除去され、高純度のモリブデン酸アンモニウム溶液が形成されます。

水素還元炉は、酸化モリブデンまたはモリブデン酸アンモニウムを金属モリブデン粉末に還元するために使用されるモリブデン粉末を製造するための中核装置です。還元プロセスは通常、2つの段階に分けられます:最初の段階は、低温で酸化モリブデンを二酸化モリブデン(MoO_3)に還元し、第2段階は、高温で金属モリブデンをさらに金属に還元します。これらの炉は、高純度水素供給システムと精密な温度制御を装備した管状またはプッシュボート設計で入手可能で、還元プロセスの安定性を確保します。炉本体の材質は通常、モリブデン合金または石英で、汚染を防ぐために高温に耐性があります。還元されたモリブデン粉末は、空気分級機または振動スクリーンによって選別され、粒子サイズと分布が伸線プロセスのニーズを満たすことを確認します。

これらの装置の協調的な運用には、モリブデン粉末の外部汚染を避けるために、非常にクリーンな生産環境が必要です。最新のモリブデン粉末調製装置は、製品品質の一貫性を確保するために、粉末の化学組成と粒度分布をリアルタイムで検出できるオンライン監視システムも統合しています。

著作権および法的責任に関する声明

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

著作権および法的責任に関する声明

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

6.1.2 焼結炉および鍛造設備

焼結炉と鍛造装置を使用して、モリブデン粉末を緻密なブランクにプレスし、さらに伸線に適したモリブデンロッドに加工します。焼結炉は粉末冶金プロセスの中核装置であり、モリブデン粉末粒子は高温処理により強力な金属構造に結合されます。鍛造装置は、機械的変形によってブランクの微細構造を最適化し、その強度と延性を向上させます。

焼結炉は通常、真空または水素を使用して、高温で酸化するモリブデンから大気を保護します。真空焼結炉は、真空引きして炉から酸素と水分を除去することにより、高純度のモリブデンブランクを製造するのに適しています。水素焼結炉は、高純度の水素を連続的に供給することで還元雰囲気を作り出し、酸化を防ぐだけでなく、ブランクの表面の微量酸化物を洗浄します。現代の焼結炉には、多段加熱ゾーンと精密な温度制御システムが装備されており、モリブデン粉末の特性に応じて焼結温度と保持時間を調整し、ブランクの密度と粒構造を最適化することができます。一部の高度な焼結炉は、自動ローディングおよびアンローディングシステムを統合して、生産効率を向上させます。

鍛造装置には、熱間鍛造機と、焼結したモリブデンピレットを細長いモリブデンバーに加工するための熱間圧延機が含まれます。熱間鍛造機は、油圧または機械的なハンマーを使用して、ブランクを高温で変形させ、粒子を微細化し、内部欠陥を排除します。熱間圧延機は、一連のロールを通じてピレットの直径を徐々に縮小し、均一なモリブデンロッドを生成します。これらの装置には、モリブデンの延性を維持するための高温加熱と、酸化を防ぐための保護雰囲気システムを装備する必要があります。鍛造および圧延プロセスでは、ブランクの亀裂や表面の欠陥を避けるために、変形速度と温度を正確に制御する必要があります。

焼結炉と鍛造装置の相乗効果により、モリブデン線の製造に高品質の原料を提供します。デジタル制御とリアルタイム監視により、最新の機器は生産効率と製品の一貫性を大幅に向上させ、その後の描画プロセスの強固な基盤を築くことができます。

6.2 モリブデン線製造装置

モリブデンワイヤーの製造は、モリブデンロッドをフィラメントに加工する重要な段階であり、伸線、アニーリング、表面処理などのプロセスが含まれます。これらのプロセスでは、モリブデンの硬くて脆い特性を克服し、ワイヤーの寸法精度と表面品質を確保するための高精度の機器が必要です。伸線機・金型、焼鈍炉・熱処理装置、表面洗浄・研磨装置について解説します。

6.2.1 伸線機とダイス

伸線機は、モリブデン線製造のコア装置であり、モリブデンロッドを金型を介してフィラメントに引き伸ばすために使用されます。伸線機は、シングルモード伸線機とマルチモード連続伸線機に分かれており、それぞれに独自の適用シナリオがあります。シングルダイ伸線機は、少量生産、高精度生産に適しており、単一の金型を備えており、各描画は手動または半自動操作で完了します。マルチモード連続延伸機は、複数のダイとモリブデンロッドを連続的に伸ばすことができる牽引装置を装備した大規模生産に適しており、効率が

[著作権および法的責任に関する声明](#)

大幅に向上します。

伸線機のコアコンポーネントはダイであり、通常は炭化タングステンまたは多結晶ダイヤモンドでできており、非常に高い硬度と耐摩耗性を備えています。ダイの開口設計は、図面要件に正確に一致させる必要があり、開口の減少シーケンスは、ワイヤの均一な変形を確保するために科学的に計算されます。潤滑システムは伸線機の重要な部分であり、グラフィートエマルジョンまたは二硫化モリブデン潤滑剤を噴霧することにより、金型とモリブデンワイヤとの間の摩擦が減少し、ダイ寿命が延び、ワイヤの表面品質が向上します。最新の伸線機には、延伸プロセス中にワイヤーが切れたり過熱したりするのを防ぐための張力制御システムと冷却も装備されています。

金型の製造と保守は、描画プロセスの鍵です。高品質の金型は、開口部と表面仕上げの精度を確保するために、定期的に研磨および検査する必要があります。一部の高度な伸線機は、線径と表面欠陥をリアルタイムで監視し、描画パラメータを時間内に調整できるインライン検査システムを統合しています。この高精度な装置設計により、モリブデンワイヤの寸法一貫性と機械的特性が確保され、スプレープロセスに高品質のワイヤが提供されます。

6.2.2 焼鈍炉・熱処理装置

焼鈍炉と熱処理装置は、伸線プロセス中に導入される内部応力を排除し、モリブデン線の結晶構造を復元し、延性と靱性を向上させるために使用されます。これらのデバイスは、モリブデンワイヤの表面の酸化を防ぐために、真空または保護雰囲気中で操作する必要があります。

真空焼鈍炉は、真空引きして炉から酸素を除去することにより、高純度のモリブデンワイヤを製造するのに適しています。炉には高温発熱体(モリブデンやタングステンの電熱線など)が装備されており、温度とランプアップ速度を正確に制御できます。水素焼鈍炉は、高純度の水素を使用して還元雰囲気を作り出し、酸化を防ぐだけでなく、ワイヤー表面の微量酸化物も洗浄します。最新の焼鈍炉は、多段加熱設計を使用して、プログレッシブ加熱によってモリブデンワイヤの微細構造を最適化し、特大の粒子や応力のキャリアオーバーを回避します。

熱処理装置には、焼鈍後の冷却速度を制御するための冷却システムも含まれています。急激な冷却はストレスの再蓄積につながる可能性があり、冷却が遅すぎると生産性に影響を与える可能性があります。一部の高度な焼鈍炉には、モリブデンワイヤの複数のロールを連続的に処理できる自動ローディングおよびアンローディングシステムが装備されており、生産効率が向上しています。また、焼鈍炉はエネルギー効率を念頭に置いて設計されており、グリーン製造の要件に沿って、効率的な断熱および回収システムを通じて熱損失を削減しています。

著作権および法的責任に関する声明

6.2.3 表面洗浄および研磨装置

表面洗浄・研磨装置は、モリブデン線の表面から潤滑剤や酸化物などの汚染物質を除去する装置で、コーティング工程で優れた表面品質を確保します。これらには、化学洗浄タンク、超音波洗浄機、研磨ユニットが含まれます。

化学洗浄浴は、希塩酸や水酸化ナトリウムなどの弱酸性またはアルカリ性の溶液を使用して、モリブデンワイヤーの表面から酸化物層と有機残留物を除去します。洗浄タンクには通常、洗浄液の純度を確保し、二次汚染を防ぐために循環ろ過システムが装備されています。洗浄後、モリブデンワイヤーは脱イオン水リンスタンクを通じて完全に洗浄され、化学残留物が噴霧効果に影響を与えるのを防ぎます。

超音波洗浄機は、高周波の音波を利用して液体中に小さな気泡を作り、気泡の破裂の衝撃でミクロンサイズの粒子や油汚れを取り除きます。この機械は、小さなモリブデンワイヤーの取り扱いに特に適しており、フィラメント表面の微細なくぼみに浸透して完全な洗浄を確保することができます。超音波洗浄機の周波数と電力は、表面の損傷を避けるために、ワイヤーのサイズに応じて調整する必要があります。

研磨装置には、機械研磨機と電気化学研磨装置があります。機械研磨機は、アルミナやダイヤモンド粉末などの微細な研磨剤を使用して、ブラシや研磨ベルトを回転させてモリブデン線の表面を研磨し、鏡面効果を実現します。電解研磨装置は、電線表面の微細な突起を選択的に溶解し、電解により滑らかな表面を形成します。これらのデバイスは、モリブデンワイヤーの表面仕上げを大幅に改善し、スプレープロセス中の熔融液滴の飛散を減らし、コーティングの品質を向上させることができます。

6.3 噴霧装置

スプレー装置は、モリブデンスプレーワイヤー製造の心臓部であり、モリブデンワイヤーを溶かして基板の表面に堆積させ、保護コーティングを形成するために使用されます。これらには、火炎溶射システム、プラズマ溶射装置、アーク溶射ユニット、高速酸素燃料溶射(HVOF)装置が含まれ、それぞれが異なる用途とコーティング要件に対応します。

6.3.1 火炎噴霧システム

火炎溶射システムは、最も初期の溶射技術の 1 つであり、酸素-アセチレン炎を利用してモリブデンワイヤーを加熱し、それを熔融または半熔融させて圧縮空気で基板の表面に噴霧します。火炎噴霧システムは、スプレーガン、ワイヤー供給装置、ガス供給システム、および制御ユニットで構成されています。

スプレーガンは、火炎噴霧システムの中核部品であり、高温の炎を作り出して液滴の方向を制御する燃焼室とノズルが装備されています。ワイヤー供給装置は、精密なモーター制御により、モリブデンワイヤーを一定速度でスプレーガンに供給し、熔融プロセスの安定性を確保します。ガス供給システムは酸素とアセチレンを供給し、混合比は流量計によって調整され、火炎温度と安定性を最適化します。コントロールユニットは、デジタルインターフェースを介して、ワイヤー送り速度、炎強度、噴霧距離などの噴霧パラメータを調整

[著作権および法的責任に関する声明](#)

します。

フレームスプレーシステムはシンプルな構造で、現場施工や大面積コーティング成膜に適しており、自動車部品の修理や産業機械の保護に広く使用されています。ただし、火炎温度が低く、コーティングの多孔性が高いため、後処理装置と組み合わせて最適化する必要があります。最新の火炎溶射システムは、自動制御とオンライン監視を統合して、溶射効率と一貫性を向上させます。

6.3.2 プラズマ溶射装置

プラズマ溶射装置は、高温プラズマ(最大 15,000°C)を使用してモリブデン線を溶かし、溶融した細流を高速に形成し、それを基板の表面に堆積させて緻密なコーティングを形成します。この装置には、プラズマ溶射ガン、電源システム、ガス供給システム、冷却ユニットが含まれます。

プラズマ溶射ガンは、不活性ガス(アルゴンや窒素など)を電気アークによって高温プラズマに変換し、モリブデン線をプラズマ流に供給して急速に溶融します。スプレーガンのノズル設計では、コーティングの品質を向上させるために、プラズマの流れの安定性と方向性を確保する必要があります。電源システムは高電圧直流を供給し、アークの強度と安定性を制御します。ガス供給システムは、プラズマガスの流れと組成を正確に調整し、溶融効果を最適化します。冷却装置は、水冷または空冷によってガンの過熱を防ぎ、機器の寿命を延ばします。

プラズマ溶射装置は、航空宇宙およびエネルギー分野の高性能アプリケーション向けに、高硬度、低多孔性のモリブデンコーティングを製造することができます。その高い精度と柔軟性により、複雑な形状の基板を扱うことができますが、設備コストが高く、操作が複雑で、専門的な技術サポートが必要です。

6.3.3 アーク噴霧装置

アーク溶射装置は、2本のモリブデンワイヤ間のアーク加熱を使用してワイヤを溶かし、圧縮空気を介して基板の表面に溶射します。このような装置には、アークスプレーガン、ワイヤ供給システム、電源システム、および空気圧縮機が含まれます。

アークスプレーガンは、2本のモリブデンワイヤの接触を正確に制御し、ワイヤの端を溶かすことにより、安定したアークを作成します。ワイヤ供給システムは、2つのモータによって駆動され、2本のモリブデンワイヤが同じ速度でスプレーガンに供給され、アークの安定性を維持します。電源システムは、DC または AC 電源を供給し、アークの強度と持続時間を調整します。エアコンプレッサーは高圧の気流を作り出し、溶融したモリブデン液滴を霧化して基板に噴霧し、均一なコーティングを形成します。

アーク噴霧ユニットは、高い堆積効率を持ち、橋梁の鉄骨構造物や船舶部品の保護など、広い領域の噴霧に適しています。そのコーティング品質は火炎溶射とプラズマ溶射の間にあり、コストが低いため、工業生産に適しています。最新のアーク噴霧ユニットは、自動制御システムを統合して、噴霧の一貫性と生産性を向上させます。

著作権および法的責任に関する声明

6.3.4 高速酸素燃料噴霧(HVOF)装置

HVOF(High-Velocity Oxy-fuel Spraying)装置は、灯油やプロパンなどの酸素と燃料を高圧燃焼させることで超音速炎を発生させ、モリブデン線を溶かして基板表面に超高速で噴霧する装置です。この装置には、HVOF スプレーガン、燃料供給システム、酸素供給システム、冷却ユニットが含まれます。

HVOF スプレーガンは、燃焼室とノズル設計を通じて燃料と酸素の混合物を点火し、高温高圧の火炎流を形成します。モリブデンワイヤーは、炎の流れに供給されて急速に熔融し、超音速で基板に噴霧されて、高密度で低多孔性のコーティングを形成します。燃料と酸素の供給システムは、正確な流量制御により燃焼効率と火炎速度を最適化します。冷却ユニットは、水冷システムによりランスを高温損傷から保護します。

HVOF の装置は、高硬度・高密着性のモリブデンコーティングが可能で、航空エンジンやガスタービンなどのハイエンド用途に適しています。その高速および低温特性は、コーティングの酸化と熱応力を低減しますが、機器の複雑さとコストは高くなります。最新のHVOF 機器には、デジタル制御システムとオンライン監視機能が装備されており、スプレーパラメータをリアルタイムで調整してコーティング品質を向上させることができます。

6.4 補助および後処理装置

補助および後処理装置は、最終製品の性能と信頼性を確保するために、スプレープロセスでの基板準備、コーティング仕上げ、および品質検査をサポートするために使用されます。

ここでは、基板前処理装置、コーティング後処理装置、インライン検査・監視装置について説明します。

6.4.1 基板前処理装置

基板前処理装置は、基板表面の洗浄と最適化、コーティングの密着性の向上を目的としています。これらには、サンドブラスト機、化学洗浄タンク、超音波洗浄機が含まれます。

サンドブラスト機は、アルミナや炭化ケイ素などの研磨剤を高速で噴射することにより、基板の表面の粗さを増し、酸化物や古いコーティングを除去します。最新の研磨ブラスト機には、自動噴射システムと回収装置が装備されており、研磨剤の流れとスプレー角度を制御できるため、処理効率と環境への配慮が向上します。化学洗浄槽は、アルカリ性または酸性の溶液を使用して油分や有機汚染物質を除去し、洗浄液の純度を確保するための循環ろ過システムを備えています。超音波洗浄機は、高周波音波を使用して小さな気泡を発生させ、基板の表面からミクロンサイズの粒子を除去するもので、複雑な形状の部品に適しています。

これらの機械には、基板の材料と形状に合わせたプロセスパラメータが必要です。たとえば、アルミニウム合金基板は穏やかなブラストと洗浄条件が必要ですが、ステンレス鋼基板は加工強度の増加に耐えることができます。前処理装置の相乗効果により、スプレープロセスに理想的な基材表面を提供します。

[著作権および法的責任に関する声明](#)

6.4.2 コーティング後処理装置

コーティング後処理装置は、熱処理炉、研磨機、シール処理ユニットなど、コーティングの性能を最適化するために使用されます。熱処理炉は、コーティングの残留応力を排除し、微細構造を改善するために、真空または保護雰囲気によって加熱されます。最新の熱処理炉には、コーティングの亀裂を避けるために温度プロファイルを正確に制御できる多段加熱および冷却システムが装備されています。

研磨機には、機械研磨装置と電気化学研磨装置があります。機械研磨機は、研磨剤を介してコーティングの表面を研磨し、粗さを減らし、仕上げを改善します。電解研磨ユニットは、電気分解によりコーティングされた表面を平滑化し、高精度なアプリケーションに適しています。シール処理装置は、有機/無機シール剤をコーティングの細孔を充填するためにスプレーまたは含浸させることにより、耐食性を向上させます。これらのデバイスは、コーティングの耐久性と機能を大幅に向上させます。

6.4.3 オンライン検出および監視装置

レーザー厚さ計、赤外線カメラ、超音波検出器などのインライン検査および監視機器を使用して、コーティングプロセスとコーティング品質をリアルタイムで評価します。レーザー厚さ計は、非接触測定によりコーティングの厚さと均一性を正確に検査します。赤外線カメラは、基板やコーティングの温度分布を監視し、過熱や不均一な冷却を防ぎます。超音波検出器は、コーティング内の細孔や亀裂を検出し、品質を確保するために使用されます。

これらのデバイスは、データ収集システムと統合されており、プロセスパラメータとテスト結果をリアルタイムで記録し、品質管理とプロセス最適化のためのデータサポートを提供します。最新の検査機器はリモートモニタリングもサポートしているため、オペレーターはクラウドベースのプラットフォームを通じて機器の状態を分析し、生産性と信頼性を向上させることができます。

6.5 自動化とインテリジェント機器

自動化とインテリジェント機器は、ロボット、センサー、人工知能技術の統合を通じて、効率的で正確な生産を実現するモリブデンスプレーワイヤー製造技術の将来の方向性を表しています。このセクションでは、自動噴霧ライン、インテリジェント制御およびデータ収集システム、およびロボット噴霧システムについて説明します。

6.5.1 自動スプレー生産ライン

自動スプレーラインは、スプレー装置、ワイヤー供給システム、コンベヤーを統合し、基材の前処理からコーティング後処理までの連続生産を実現します。生産ラインには自動制御システムが装備されており、PLC(プログラマブルロジックコントローラー)を介して各機器の作業を調整し、プロセスパラメータの安定性を確保します。コンベアベルトやロボットアームなどのコンベアは、基板を前処理ステーションから噴霧ステーションに移動し、さらに後処理ステーションに移動するため、手作業の介入が減ります。

自動スプレーラインの利点は、その高い効率と一貫性です。例えば、自動車部品の溶射ラ

[著作権および法的責任に関する声明](#)

インでは、コーティング品質の偏差が1%未満で数千個のピストンリングを連続的に処理することができます。生産ラインには、モリブデンワイヤーの飛沫廃棄物を削減し、グリーン製造の要件を満たすための廃棄物リサイクルシステムも装備されています。

6.5.2 インテリジェント制御およびデータ収集システム

インテリジェント制御およびデータ収集システム(SCADA)は、センサーと IoT テクノロジーを使用して、温度、圧力、ワイヤ送給速度などの噴霧プロセスの主要なパラメータをリアルタイムで監視します。これらのシステムは、人工知能アルゴリズムと組み合わせることで、プロセスの偏差を予測し、パラメータを自動的に調整することができます。たとえば、機械学習モデルは、履歴データに基づいてスプレー距離とガス流量を最適化することにより、コーティングの品質を向上させることができます。

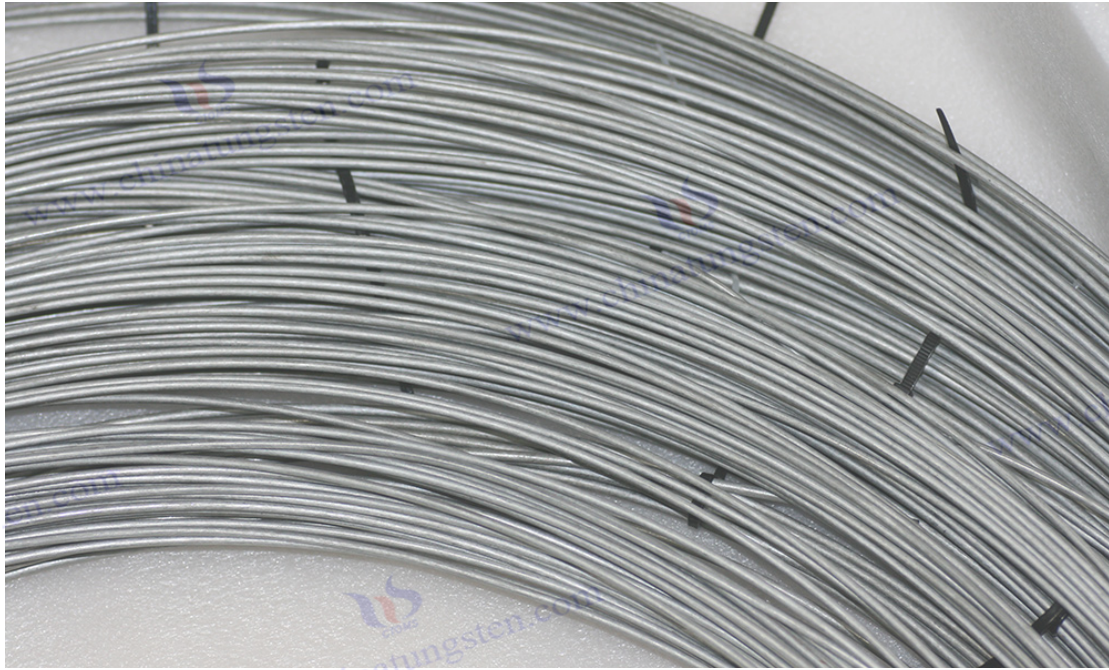
SCADAシステムは、データの視覚化とリモート管理もサポートしているため、オペレーターはモバイルデバイスを介してリアルタイムの生産状況を確認できます。クラウドベースのデータベースは、複数の生産ラインからの運用データを統合して、プロセスの最適化と機器のメンテナンスをサポートします。このインテリジェントシステムは、生産効率と製品品質を大幅に向上させ、コーティング技術のデジタルトランスフォーメーションを推進します。

6.5.3 ロボット噴霧システム

ロボットコーティングシステムは、多軸産業用ロボットを使用して、複雑な基板の精密コーティングを実現します。このロボットには、視覚認識と経路計画技術が搭載されており、さまざまな形状やサイズの基板に適応し、銃の角度と移動経路を自動的に調整できます。スプレーロボットはオンライン検査システムと統合されており、コーティング品質に関するリアルタイムのフィードバックを提供し、コーティングパラメータを動的に最適化します。

ロボット噴霧システムの使用により、生産の柔軟性が大幅に向上しました。たとえば、航空宇宙分野では、ロボットはタービンブレードの曲面に均一なモリブデンコーティングを準備できます。自動車業界では、ロボットがさまざまな部品のスプレープログラムをすばやく切り替えて、サイクルタイムを短縮できます。これらのシステムの広範な適用は知能および柔軟性の方向へのモリブデンのスプレー ワイヤー生産の開発を促進した。

著作権および法的責任に関する声明



CTIA GROUP LTD モリブデンスプレーワイヤー

第7章 モリブデンスプレーワイヤーの国内外の規格

高性能材料として、モリブデンスプレーワイヤーの製造と適用は、製品の品質、プロセスの一貫性、およびアプリケーションの安全性を確保するために、厳格な基準に従う必要があります。国内外のモリブデン線および溶射材料については、原材料、加工技術、性能試験、およびアプリケーション仕様をカバーする多くの規格が策定されています。この章では、モリブデン溶射線の国内規格、国際規格、業界規格、および企業仕様について体系的に説明し、これらの規格の違いと適用性について詳細な分析を行い、生産者とユーザーに参考を提供します。

7.1 モリブデンスプレーワイヤーの国内規格

モリブデン資源の世界最大の生産国および消費者として、中国はモリブデン スプレー ワイヤーの製造、テストおよび適用のための仕様を提供するモリブデン ワイヤーおよび溶射材料に関連する一連の国家規格 (GB/T) を策定しました。これらの規格は、中華人民共和国の標準化管理局によって発行され、国内のモリブデン加工および溶射業界で広く使用されています。このセクションでは、GB/T 4181-2017「モリブデンワイヤー」、GB/T 3462-2017「モリブデンバーおよびモリブデンブランク」、GB/T 4197-2011「スプレー用金属ワイヤー」およびその他の関連規格。

7.1.1 GB/T 4181-2017「モリブデンワイヤー」および関連要件

GB/T 4181-2017「モリブデンワイヤー」は、中国でのモリブデンワイヤーの準備と性能に関する国家規格であり、スプレー用のモリブデンワイヤーを含むさまざまな目的のモリブデンワイヤーに適しています。この規格は、モリブデン溶射線の製造の技術的基盤を提供するモリブデン線の化学組成、寸法公差、機械的特性、表面品質、および試験方法を詳細に指定しています。

著作権および法的責任に関する声明

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

著作権および法的責任に関する声明

この規格には、モリブデン線の化学組成に関する非常に厳しい要件があり、モリブデンの純度が 99.95%以上に達する必要がある、鉄、ニッケル、炭素、酸素などの不純物の含有量を制限することが規定されています。これらの要件により、モリブデンワイヤーは溶射プロセス中に安定した溶融挙動と優れたコーティング特性を持つことができます。この規格では、モリブデン ワイヤの直径範囲と公差も規定されており、通常は 0.02 mm から 3.0 mm であり、スプレー用のモリブデン ワイヤは、さまざまなスプレー装置のニーズを満たすために 1.0 mm から 2.0 mm の範囲に大部分が集中しています。

機械的特性に関しては、この規格では、モリブデン線が適切な引張強度と延性を備えていることが要求されており、伸線や送電中に断線しにくくなっています。表面品質は別の重要な基準であり、スプレー用のモリブデンフィラメントは、スプレープロセス中の液滴飛散を減らすために、滑らかで亀裂や酸化物のない表面を備えている必要があります。検査方法には、化学分析(誘導結合プラズマ発光分析装置を使用)、寸法測定(高精度マイクロメータまたはレーザーキャリパーを使用)、表面検査(顕微鏡または目視検査を使用)があります。

GB/T 4181-2017 は、航空宇宙、自動車産業、および電子分野をカバーし、モリブデンスプレーワイヤーの標準化された生産の基礎を提供します。この規格では、包装と輸送の要件も強調されており、モリブデン ワイヤは、湿気や酸化を防ぐために真空密封または不活性ガス保護包装でなければならないと規定しています。

7.1.2 GB/T 3462-2017

GB/T 3462-2017 「モリブデンバーおよびモリブデンピレット」は、モリブデンワイヤーの製造前段階の原材料の国家規格であり、粉末冶金プロセスによって調製されたモリブデンバーおよびモリブデンピレットに適用できます。これらの材料は伸線プロセスの出発点であり、その品質はモリブデン溶射線の性能に直接影響します。

この規格は、モリブデンバーとモリブデンプランクの化学組成、サイズ、密度、および表面品質を指定しています。化学組成要件は GB/T 4181-2017 と一致しており、モリブデンの純度は 99.95%に達する必要がある、不純物含有量は後続の処理の安定性を確保するために制限する必要があります。サイズに関しては、この規格は、通常、直径が 5mm から 100mm の範囲で、ユーザーのニーズに合わせた長さの幅広いモリブデンバーとブランクをカバーしています。密度はモリブデンピレットの重要な指標であり、伸線プロセス中に内部欠陥がないことを確認するために、理論上の密度(10.2 g/cm³)に近づく必要があります。

表面品質では、モリブデンバーとモリブデンプランクの表面に亀裂、酸化物スケール、または介在物がないことが必要であり、仕上げ要件を満たすために仕上げ要件を回すか研磨する必要があります。検査方法には、超音波探傷(内部欠陥のチェック)、化学分析、微細構造観察(粒径と均一性の評価)などがあります。この規格では、モリブデンピレットの微細構造を最適化するために、焼結温度や鍛造温度などの熱処理プロセスパラメータも指定しています。

著作権および法的責任に関する声明

モリブデン溶射線の製造のために、GB/T 3462-2017 は、モリブデンバーとモリブデンブランクが伸線とスプレーの厳しい要件を満たすことができるように、高品質の原材料の仕様を提供します。この規格は、Jinduicheng Molybdenum や Luoyang Molybdenum などの国内のモリブデン加工企業で広く使用されています。

7.1.3 GB/T 4197-2011

GB/T 4197-2011「スプレー用金属線」は、モリブデン線を含むさまざまな金属線材料をカバーする、中国での溶射用金属線の特別規格です。この規格は、モリブデン溶射ワイヤーの性能、仕様、および試験に関する特定のガイダンスを提供し、特に火炎溶射およびアーーク溶射プロセスに適用できます。

この規格は、スプレー用のモリブデンワイヤーの化学組成、寸法公差、表面状態、および包装要件を指定しています。モリブデン ワイヤーの化学純度は GB/T 4181-2017 の条件を満たすべきであり、表面は滑らかで、オイルフリーおよび酸化物フリーで、噴霧プロセス中のコーティングの均一性そしてコーティングの質を保障するために、寸法公差の要件は厳しく、自動ワイヤ供給システムのニーズを満たすために、スプレー用のモリブデンワイヤーの直径偏差を $\pm 0.02\text{mm}$ 以内に制御する必要があります。

性能試験に関しては、この規格では引張試験、表面粗さ試験、およびモリブデンワイヤーの噴霧試験が必要です。引張試験では、ワイヤーの引張強度と延性を評価して、ワイヤーの供給中にワイヤーが壊れにくいことを確認します。表面粗さ試験は、プロファイラー(表面形状測定機)によって測定され、ワイヤーの表面仕上げがスプレー要件を満たしていることを確認します。スプレー試験は、ASTM C633 などの国際的に認められた試験方法を基準として、実際のスプレー操作を通じてコーティングの接着性、多孔性、均一性を評価します。

GB/T 4197-2011 の定式化は、中国での噴霧用金属線の標準化のギャップを埋め、自動車、エネルギー、造船の分野でのモリブデン溶射線の適用に対する技術サポートを提供します。この規格はまた、環境保護要件を強調しており、グリーン製造の傾向に沿って、生産プロセスで廃ガスと廃棄物排出量を削減する必要があると規定しています。

7.1.4 その他の関連する国内規格

上記のコア規格に加えて、中国はモリブデンスプレーワイヤーの製造と適用に関連する多くの国家規格も策定しており、原材料、加工技術、コーティング特性をカバーしています。例えば：

GB/T 15258-2009「化学分析方法の一般原則」：誘導結合プラズマ発光分析(ICP-OES)や原子吸光分析(AAS)など、モリブデンワイヤーおよびコーティングの化学組成分析の一般的な方法を提供し、不純物含有量の正確な検出を保証します。

GB/T 4325-2013「モリブデンおよびモリブデン合金の化学分析方法」：特にモリブデン材料の場合、鉄、ニッケル、炭素、酸素、およびその他の元素の分析方法が指定されており、モリブデンスプレーワイヤーの原材料および完成品の検出に技術的基礎を提供します。

著作権および法的責任に関する声明

GB/T 17733-2008 「溶射コーティングの品質要件」:溶射コーティングの性能要件を、接着性、硬度、多孔性、耐食性などと規定し、モリブデン溶射線で調製したコーティングに適しています。

GB/T 14842-2007 「モリブデンおよびモリブデン合金の機械的特性の試験方法」:モリブデンワイヤの引張強度、延性、硬度試験の仕様を提供し、噴霧プロセスの機械的特性要件を満たしていることを確認します。

一緒に、これらの規格は、モリブデンスプレーワイヤーの製造と適用のための完全な仕様システムを構成し、原材料から完成品までのすべてのリンクをカバーします。国内企業がモリブデンスプレーワイヤーを製造する場合、通常、さまざまな業界や顧客のニーズを満たすために、同時にいくつかの基準に準拠する必要があります。

7.2 モリブデンスプレーワイヤーの国際規格

国際規格は、主に米国材料試験協会(ASTM)、国際標準化機構(ISO)およびその他の機関によって策定されたモリブデンスプレーワイヤーの世界的な貿易と技術交換のための統一されたフレームワークを提供します。これらの規格は、化学組成、性能試験、およびアプリケーション仕様の点で非常に権威があり、ヨーロッパ、アメリカ、アジアのモリブデン処理および溶射業界で広く使用されています。このセクションでは、ASTM B387-18 モリブデンおよびモリブデン合金ロッド、バー、およびワイヤ、サーマル スプレー材料の ISO 20407 仕様、サーマル スプレー用 ISO 14919 ワイヤ、およびその他の関連する国際規格に焦点を当てます。

7.2.1 ASTM B387-18 モリブデンおよびモリブデン合金ロッド、バー、ワイヤー

ASTM B387-18 は、モリブデンおよびモリブデン合金材料のアメリカ規格であり、スプレー用のモリブデンワイヤーを含む、ロッド、ストリップ、ワイヤーなどのさまざまな形態のモリブデン材料に適しています。この規格は ASTM インターナショナルによって開発され、航空宇宙、電子機器、およびエネルギー分野で広く使用されています。

この規格は、モリブデンワイヤの化学組成、機械的特性、寸法公差、および表面品質を指定しています。モリブデンの純度要件はいくつかのグレードに分けられ、最高グレード(タイプ 361)は 99.97%のモリブデン含有量を必要とし、不純物(炭素、酸素、鉄など)の含有量は厳密に制限されています。スプレー用のモリブデンワイヤーは、通常、コーティングの化学的安定性と性能を確保するために高純度グレードで選択されます。寸法公差では、モリブデンワイヤの直径偏差を $\pm 0.01\text{mm}$ 以内に制御し、表面に亀裂、酸化物、またはその他の欠陥がないことが必要です。

機械的特性試験には、引張強度、伸び、硬度が含まれ、この規格では、引張試験(ASTM E8を参照)や硬さ試験(ASTM E18を参照)などの詳細な試験方法が提供されています。表面品質チェックは、目視および顕微鏡観察を使用して行われ、フィラメントが溶射の高い要求に適していることを確認します。この規格では、モリブデンワイヤーの包装およびラベリング要件も規定されており、モリブデンワイヤーは防湿および耐酸化性の方法で梱包され、バッチ番号、仕様、および製造元情報がマークされている必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

ASTM B387-18 は高度に国際化されており、多くの中国企業はスプレーコーティングされたモリブデンワイヤーを輸出する際にこの規格に準拠する必要があります。この規格の高精度要件は、タービンブレードコーティングや真空コーティングされた電熱線など、航空宇宙および半導体産業のアプリケーションに特に適しています。

7.2.2 溶射材料の ISO20407 仕様

ISO 20407 は、国際標準化機構によって開発された溶射材料の一般仕様であり、モリブデン溶射ワイヤーを含むワイヤー、粉末、ロッドなどのさまざまな材料形態をカバーしています。この規格は、火炎溶射、プラズマ溶射、アーク溶射などのプロセス用の溶射材料の性能、テスト、および適用のフレームワークを提供します。

この規格は、モリブデン溶射ワイヤーの化学組成、サイズ、および表面状態の要件を定めています。モリブデンワイヤーの純度は 99.95%以上に達する必要があるため、スプレープロセス中の安定性とコーティング品質を確保するために、表面は滑らかで、オイルフリーで、酸化物フリーである必要があります。寸法公差の要件は ASTM B387-18 と同様であり、直径の偏差は $\pm 0.02\text{mm}$ 以内に制御する必要があります。この規格では、ワイヤーの梱包および保管条件も指定されており、真空密封または不活性ガスを環境要因から保護する必要があります。

性能試験に関しては、ISO 20407 は、化学分析(分光法を使用)、表面粗さ試験(ISO 4287 を参照)、スプレー性能試験など、多くの試験方法を提供します。スプレー性能試験は、ASTM C633(接着試験)や ISO 6507(硬さ試験)などの国際的に認められた試験規格を使用して、コーティングの接着性、多孔性、および微細構造を評価します。この規格は、バッチ間で一貫したパフォーマンスを確保するために、製造業者がトレーサブルな記録を確立することを要求する品質管理システムも強調しています。

ISO 20407 の汎用性により、世界の溶射業界、特にヨーロッパおよびアジア市場に適しています。この規格は、モリブデンスプレーワイヤーの国際取引の技術的基盤を提供し、国境を越えた協力と技術交流を促進します。

7.2.3 溶射用 ISO14919 ワイヤー

ISO 14919 は、溶射用ワイヤーに固有の規格であり、モリブデンワイヤーを含む幅広いワイヤー材料に適用できます。この規格は、ワイヤを溶射するための仕様、特性、および試験方法を詳細に指定し、火炎溶射およびアーク溶射プロセスの仕様を提供します。

この規格では、モリブデンスプレーワイヤーの純度が高く、化学組成が均一であること、モリブデン含有量が 99.95%に達すること、不純物含有量を厳密に管理することが求められています。寸法に関しては、この規格では、ISO 286 に準拠した公差で一般的な直径範囲(1.0 mm〜3.2 mm)が指定されています。表面品質では、ワイヤーに亀裂、酸化物、潤滑剤の残留物がなく、仕上げ基準を達成するために化学的に洗浄または研磨する必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

試験方法には、引張試験(引張強度と延性を評価するため)、表面品質チェック(顕微鏡またはプロファイラーを使用)、スプレー試験(コーティング特性を評価するため)が含まれます。この規格は、ワイヤを耐湿性および耐酸化性のある方法で梱包する必要がある梱包および出荷仕様も提供しており、材料の種類、ロット番号、製造日などの詳細な識別情報が含まれています。

ISO 14919 の特異性は、溶射業界、特に自動車、船舶、エネルギー分野のコーティング用途にとって重要な参照規格となっています。この規格は ISO 20407 を補完し、溶射材料仕様の完全なシステムを形成します。

7.2.4 その他の国際規格

上記のコア規格に加えて、モリブデンワイヤのコーティングに関連する多くの国際規格があり、材料、プロセス、およびコーティング特性をカバーしています。例えば：

ASTM E8 / E8M-21 「金属材料の引張試験方法」:モリブデンワイヤの引張強度と伸びを試験するための一般的な方法を提供し、ASTM B387-18 の機械的特性の試験に適しています。

ASTM C633-13 溶射コーティングの接着試験方法:モリブデン溶射ワイヤーによって調製されたコーティングの品質を評価するために広く使用されている溶射コーティングの接着試験方法を指定します。

ISO 4287 表面テクスチャパラメータ:モリブデンワイヤとコーティングの表面粗さ測定の仕様を提供し、ワイヤとコーティングの表面品質がコーティングの要件を満たしていることを確認します。

ISO 6507 ピッカース硬さ試験(金属材料用):モリブデンコーティングの硬さ試験の方法を提供し、コーティングの耐摩耗性と機械的特性の評価に適しています。

これらの規格は、特に国際市場で非常に重要であるモリブデンスプレーワイヤーの製造と適用のための包括的な技術サポートを提供します。多くの多国籍企業は、さまざまな国や業界の要件を満たすために、モリブデンスプレーワイヤーを製造する際に複数の国際規格に準拠する必要があります。

7.3 モリブデンスプレーワイヤーの業界標準とエンタープライズ仕様

国内および国際規格に加えて、モリブデンスプレーワイヤーの製造と適用も業界標準と社内の企業仕様に従う必要があります。これらの仕様は、多くの場合、業界団体や大手企業によって開発され、特定のアプリケーションシナリオや技術要件に関するより詳細なガイドランスを提供します。このセクションでは、非鉄金属の業界標準、溶射業界標準、および内部品質管理の実践について説明します。

7.3.1 非鉄金属業界標準

中国非鉄金属工業会(CNIA)は、モリブデン材料に関連する多くの業界標準を策定し、国家規格の欠陥を補完しています。これらの規格は、非鉄金属技術経済研究所およびその他の

著作権および法的責任に関する声明

機関によって起草され、国内のモリブデン加工企業で広く使用されています。

YS/T 357-2014「高純度モリブデンおよびモリブデン合金」:高純度モリブデンワイヤー、モリブデンバー、およびその他のモリブデン合金材料の化学組成、特性、および試験方法を規定しており、モリブデンスプレーワイヤーの原材料および半製品に適しています。この規格では、モリブデンの純度が 99.99%であることが求められており、航空宇宙および半導体産業のアプリケーションに特に適しています。

YS/T 616-2012 「モリブデンおよびモリブデン合金加工製品の検査方法」: 超音波探傷、微細構造分析、硬さ試験など、モリブデン ワイヤーおよびモリブデン バーのサイズ、表面品質、機械的特性の詳細な検査方法を提供します。

YS/T 358-2011「モリブデン粉末」:モリブデン粉末の粒度分布、化学組成、および物理的特性を規定し、モリブデンスプレーワイヤーの原料の調製に関する仕様を提供します。

これらの業界標準は、モリブデン材料の製造と処理に関するより具体的な技術要件を提供し、GB/T 標準を補完します。この規格は、業界の実際のニーズと技術レベルを反映して、国内の大手企業(Jinduicheng Molybdenum や Luoyang Molybdenum など)によって策定されています。

7.3.2 溶射業界標準

中国国家溶射グループ(CNTSG)や米国溶射学会(ASM TSS)などの他の国際機関によって開発された溶射業界規格は、コーティングプロセス、材料、およびコーティング性能に関するガイダンスを提供します。

JB / T 7702-2012「溶射の技術仕様」:中国機械工業連盟が発行した規格で、モリブデン溶射ワイヤーの準備、溶射パラメータ、コーティング試験など、溶射プロセスの一般要件を指定しています。この規格は、火炎溶射、アーク溶射、およびプラズマ溶射プロセスに適用されます。

AWS C2.25/C2.25M:溶射材料の 2012 年仕様:米国溶接協会(AWS)によって開発された規格で、モリブデン線を含む溶射用のワイヤーと粉末を対象としています。この規格は、スプレー材料の性能とテストに関する詳細な仕様を提供し、北米市場に適用されます。

EN 15311 溶射の品質要件:モリブデン溶射ワイヤーによって調製されたコーティングの接着性、多孔性、表面粗さ試験など、溶射コーティングの品質管理方法を指定するヨーロッパ規格。

これらの業界標準は、溶射プロセスの特定のニーズについて、国内標準よりも詳細な技術ガイダンスを提供します。この規格は、業界の専門家や企業によって開発され、溶射技術の最新トレンドを反映しています。

著作権および法的責任に関する声明

7.3.3 内部品質管理仕様

多くの主要なモリブデン加工および溶射会社は、特定の顧客やアプリケーションのニーズを満たすために、内部品質管理仕様を開発しています。これらの仕様は、多くの場合、国内および業界の標準に基づいていますが、より厳しい要件やカスタマイズされたテスト方法が追加されています。

企業仕様の強みは、その柔軟性と関連性、および市場の変化や顧客のニーズに迅速に対応する能力にあります。これらの仕様は、生産プロセスにおけるコンプライアンスと持続可能性を確保するために、ISO 9001(品質マネジメントシステム)および ISO 14001(環境マネジメントシステム)と組み合わせられることがよくあります。

7.4 モリブデン溶射線の標準比較と適用性分析

国内外の規格と業界仕様は、モリブデンスプレーワイヤーの製造と適用に関するマルチレベルのガイダンスを提供しますが、その内容と要件には違いがあります。これらの違いを理解し、適切な標準を選択することは、生産プロセスを最適化し、市場の需要を満たすために不可欠です。このセクションでは、国内規格と海外規格の違いを分析し、それらの適用シナリオと選択基準について説明します。

7.4.1 国内外の規格の違い

化学組成、性能要件、試験方法、および適用範囲の点で、国内外の規格と外国の規格には、次の主な違いがあります。

化学組成:国内規格(GB/T 4181-2017 など)では 99.95%のモリブデン線純度が求められているのに対し、国際規格(ASTM B387-18 など)では最大 99.97%の複数の純度グレードが提供されています。国際規格では、特定の不純物(酸素、窒素など)に対してより厳しい制限を設けており、高精度のアプリケーションに適しています。

寸法公差:国際規格(ISO 14919 など)では、より厳しい寸法公差が求められ、直径の偏差を $\pm 0.01\text{mm}$ 以内に抑える必要がありますが、国内規格(GB/T 4197-2011 など)では $\pm 0.02\text{mm}$ の偏差が認められています。これは、国際市場における高精度ワイヤーの需要を反映しています。

試験方法:国内規格では、従来のスペクトル解析や機械的試験方法の使用が好まれています。国際規格(ASTM C633 など)では、SEM 分析や超音波探傷などのより高度な検出技術が、より高い検出精度で導入されています。

適用範囲:国内規格(GB/T 4197-2011 など)は、自動車およびエネルギー分野の一般的なアプリケーションに重点を置いています。国際規格(ISO 20407 など)は、航空宇宙や半導体などのハイエンド分野をカバーしており、コーティングの特殊な特性を強調しています。

環境要件:近年、国内規格では環境保護規定が追加されています(GB/T 4197-2011 では排出ガスの削減が義務付けられています)。国際規格(ISO 20407 など)では、生産プロセスの

著作権および法的責任に関する声明

持続可能性を強調するために、早くからグリーン製造の概念が組み込まれています。

これらの違いは、国内市場と海外市場の異なるニーズと技術レベルを反映しています。国内規格は、実用性と費用対効果にもっと注意を払い、大規模な産業用途に適しています。国際規格では、ハイエンド市場に適した高精度と高性能に重点が置かれています。

7.4.2 標準アプリケーションのシナリオと選択

適切なモリブデンスプレーワイヤー規格の選択は、アプリケーションシナリオ、顧客の要件、および市場での位置付けに応じて包括的に検討する必要があります。主なアプリケーションシナリオの推奨基準を次に示します。

航空宇宙:ASTM B387-18 および ISO 20407 は、タービンブレードや遮熱コーティングなどの高性能アプリケーション向けの高純度とコーティング特性に対する厳しい要件があるため、推奨されます。これは、プランゼーの基準などの社内仕様によって補完することもできます。

自動車:GB/T 4197-2011 および ISO 14919 は、ピストンリング、排気システムなどの汎用コーティング用途に最適です。これらの標準は費用対効果が高く、検出方法が簡単で、大規模生産に適しています。

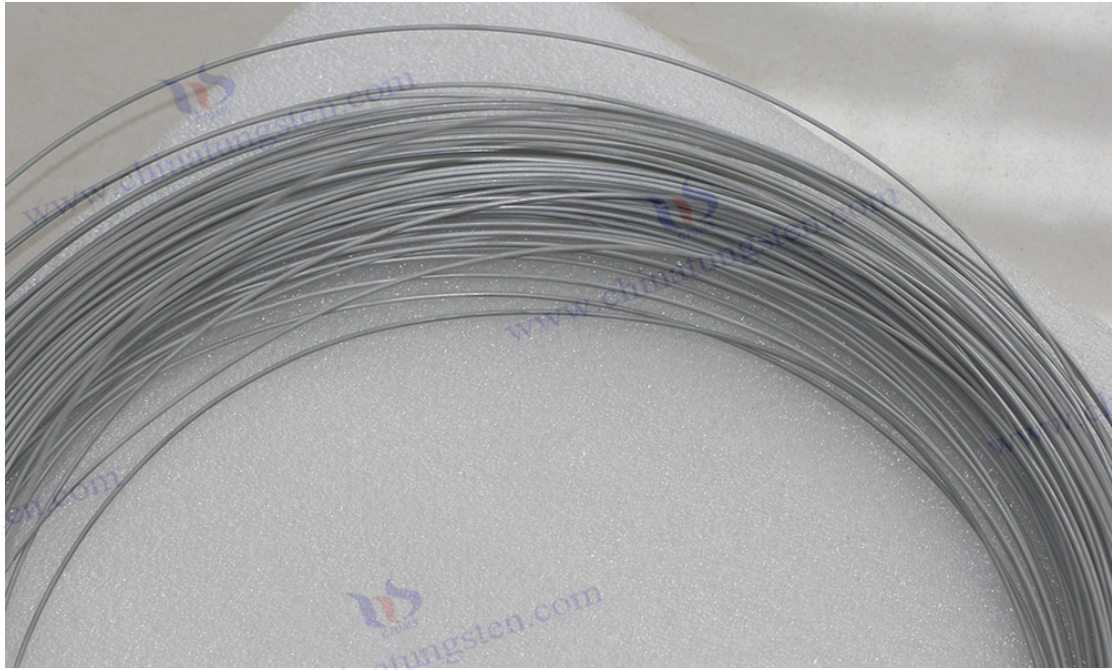
化学およびエネルギー産業:GB/T 17733-2008 および AWS C2.25 は、耐腐食性パイプおよび熱交換器コーティングに推奨されます。これらの規格は、コーティングの耐食性と耐久性を詳細に規定しています。

エレクトロニクスおよび半導体産業:ASTM B387-18 および YS/T 357-2014 は、真空コーティングおよび半導体リードの厳しい要件を満たす高純度モリブデンワイヤーの調製に適しています。

輸出市場:顧客の要求と貿易コンプライアンスを満たすためには、国際規格(ISO 14919、ASTM B387-18 など)と対象市場(EN 15311 など)の業界基準を満たすことが優先されます。

実際には、企業は多くの場合、同時に複数の規格に準拠する必要があります。たとえば、航空宇宙用にスプレーコーティングされたモリブデンワイヤーを輸出する企業は、GB/T 4181-2017(国内生産)、ASTM B387-18(国際市場)、および内部仕様(顧客固有の要件)に準拠する必要がある場合があります。標準化された品質管理システムを確立することにより、企業はさまざまな規格の要件に柔軟に対応し、市場競争力を向上させることができます。

著作権および法的責任に関する声明



CTIA GROUP LTD モリブデンスプレーワイヤー

第 8 章モリブデンスプレーワイヤーの試験と品質管理

モリブデンスプレーワイヤーの製造と適用には非常に高い品質要件があり、その性能はコーティングの耐久性、接着性、および耐用年数に直接影響します。テストと品質管理は、モリブデンスプレーワイヤーとそのコーティングが業界標準と顧客のニーズを満たし、原材料から完成品まで、生産のすべての段階をカバーすることを保証するための重要な部分です。この章では、モリブデン溶射線の原材料試験、モリブデン線品質試験、スプレーコーティング試験、試験技術と設備、およびモリブデン溶射線の品質管理システムを体系的に説明し、科学的な試験方法と厳格な管理プロセスを通じて高品質の生産を達成する方法を明らかにします。

8.1 原材料試験

原材料の品質は、モリブデンスプレーワイヤー、特に高純度モリブデン粉末の化学組成、粒子サイズ、不純物含有量の製造の基礎であり、その後の処理とコーティング性能に直接影響します。原材料試験では、モリブデン粉末が厳しい基準を満たしていることを確認するための高精度な分析方法が必要です。このセクションでは、モリブデン粉末の化学組成分析、粒子サイズと形態の試験、および不純物含有量試験について詳しく説明します。

8.1.1 モリブデン粉末の化学組成の分析

モリブデン粉末の化学組成は、その品質の主要な指標であり、モリブデンワイヤーとコーティングの性能を直接決定します。噴霧用のモリブデン粉末は、通常、モリブデン含有量が 99.95%以上に達する必要があるため、鉄、ニッケル、炭素、酸素などの不純物の含有量を厳密に制御して、高温噴霧プロセス中の副作用を回避したり、コーティングの品質を低下させたりする必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

化学組成分析には、誘導結合プラズマ発光分析(ICP-OES)と原子吸光分析(AAS)を使用しました。ICP-OESは、モリブデン粉末サンプルを励起して特性スペクトルを生成し、元素の種類と含有量を分析することにより、鉄、ニッケル、シリコンなどの金属不純物を検出するのに適しており、高感度で複数の元素を同時に分析できるという利点があります。AASは、特定の波長の光を原子が吸収することにより、単一元素の含有量を正確に決定し、モリブデン粉末中の微量の炭素または硫黄を検出するために一般的に使用されます。酸素と窒素の含有量は通常、不活性ガス溶融によって決定され、サンプルを加熱して放出されたガスを分析することにより、非金属不純物の含有量を正確に決定します。

分析プロセスは、外部汚染を避けるために、クリーンな環境で実行する必要があります。サンプル調製には酸溶解または融解が含まれ、モリブデン粉末が検出可能な溶液に完全に分解されます。試験結果を標準(GB/T 4325-2013「モリブデンおよびモリブデン合金の化学分析方法」)と比較して、噴霧用のモリブデン粉末の純度要件が満たされていることを確認する必要があります。化学組成分析は、原材料の受け入れだけでなく、一貫した品質を確保するための生産プロセス全体のバッチテストにも使用されます。

8.1.2 モリブデン粉末の粒子サイズと形態の検出

モリブデン粉末の粒子サイズと形態は、モリブデンスプレーワイヤーの製造にとって重要な制御点であるプレス、焼結、および描画のプロセスでのその挙動に影響を与えます。理想的なモリブデン粉末は、ブランクの密度とワイヤの均一性を確保するために、均一な粒度分布と規則的な粒子形態を備えている必要があります。

粒子サイズ検出は、主にレーザー粒子サイズアナライザーを使用して、レーザービーム散乱を通じて粒子のサイズと分布を測定します。この装置は、モリブデン粉末の粒度範囲(通常 1〜50 μ m)の迅速な分析を可能にし、詳細な粒度分布曲線を生成します。試験結果は、粒度分布が集中し、特大または微粒子がないことを確認するために、基準(例:YS / T 358-2011「モリブデン粉末」)を満たす必要があります。粒子が大きすぎると焼結不良の原因となり、粒子が細かすぎると流動性が低下し、プレス効率に影響を与える可能性があります。

トポグラフィ検出は、走査型電子顕微鏡(SEM)を使用して、モリブデン粉末の粒子形態と表面特性を観察します。SEMは、粒子が球形であるか、凝集しているか、または表面欠陥があるかを識別する高解像度の顕微鏡画像を提供します。球状粒子は、良好な流動性とかさ密度を有し、粉末冶金プロセスに適しています。不規則な粒子は、プレスの難しさを増し、ブランクの品質に影響を与える可能性があります。SEM検出は、多くの場合、エネルギー分光法(EDS)と組み合わせて、粒子の表面の元素分布を分析し、酸化物または不純物汚染の存在を確認します。

粒子サイズと形態の試験は定期的 to 実施され、モリブデン粉末の各バッチの倉庫保管と製造前検査をカバーしています。試験データは、研削パラメータや還元パラメータを調整して目的のモリブデン粉末特性を得るなど、プロセス最適化の基礎を提供します。

著作権および法的責任に関する声明

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

著作権および法的責任に関する声明

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

8.1.3 不純物含有量の検出

不純物の量はモリブデン粉末の品質を示す重要な指標であり、微量の不純物は、スプレープロセス中に多孔性や亀裂などのコーティング欠陥を引き起こす可能性があります。不純物試験は、金属元素(鉄、ニッケルなど)だけでなく、非金属元素(酸素、窒素、炭素、硫黄など)やその他の微量汚染物質にも焦点を当てています。

酸素含有量検出は、不活性ガス溶融法を使用して、放出された酸素を検出するための赤外線吸収または熱伝導率によって酸素含有量を正確に決定します。酸素はモリブデン粉末の最も一般的な不純物であり、酸素含有量が高すぎると、モリブデンワイヤーが高温で酸化し、コーティング性能が低下する可能性があります。窒素と炭素は、サンプルを燃焼させ、得られたガスを分析することで同様に検出されます。これは、ガスクロマトグラフィーまたは赤外分光法によって決定されます。硫黄レベルは通常、化学分析または分光法によって測定され、標準限界を下回っていることを確認します。

金属不純物の検出は、主に ICP-OES または蛍光 X 線分析(XRF)に依存しています。XRF は、サンプルから放出される特性 X 線によって元素組成を分析する非破壊検出法であり、鉄、ニッケル、銅などの不純物の迅速なスクリーニングに適しています。試験プロセスでは、結果の精度を確保するために、高純度標準試料の校正が必要です。

不純物試験には、厳格なサンプリングおよび分析プロセスが必要であり、モリブデン粉末の各バッチは、代表性を確保するために複数の場所からサンプリングされます。試験結果は規格(ASTM B387-18 や GB/T 4325-2013 など)と比較され、不適合なバッチは再精製または廃棄して原材料の品質を確保する必要があります。

8.2 モリブデン線の品質検査

モリブデンワイヤーはスプレープロセスのコア材料であり、その寸法精度、表面品質、および機械的特性は、スプレープロセスの安定性とコーティングの品質に直接影響します。モリブデン ワイヤーの質の点検はワイヤーが標準的な条件を満たすことを確かめるために生産および配達のすべてのリンクをカバーする必要があります。このセクションでは、寸法精度と公差の測定、表面欠陥と粗さの検査、および機械的特性テストについて説明します。

8.2.1 寸法精度と公差測定

モリブデンワイヤーの寸法精度は、その品質、特に直径の均一性と公差の重要な指標であり、ワイヤー供給システムの安定性と熔融液滴の形成に直接影響します。スプレー用のモリブデン線の直径は通常 1.0mm から 3.0mm であり、公差は規格(GB / T 4181-2017 や ISO 14919 など)に従って $\pm 0.02\text{mm}$ 以内に制御する必要があります。

寸法測定は、主にレーザーノギスと高精度マイクロメータを使用します。レーザーキャリパーは、非接触レーザーสキャンによりモリブデン線の直径をリアルタイムで測定し、高精度な連続データを提供し、インライン検査に適しています。このデバイスは、直径の小さな変動を検出し、描画プロセス中に発生する可能性のある欠陥を特定することができます。マイクロメータは、複数の断面を手動で測定して直径が均一になるようにするオフラ

[著作権および法的責任に関する声明](#)

イン検査に使用されます。測定プロセスは、温度変化による誤差を避けるために、一定の温度環境で実行する必要があります。

公差チェックでは、モリブデン線のロール全体をカバーし、測定用の複数のセクションをランダムに選択し、最大および最小の直径値を記録する必要があります。テスト結果は、ワイヤがスプレー装置の精度要件を満たしていることを確認するために、標準と比較されます。モリブデン線のサイズが適切でないと、送電が不安定になったり、コーティングの厚さが不均一になったりして、手直しや廃棄が必要になる可能性があります。

8.2.2 表面欠陥と粗さの検出

モリブデン ワイヤの表面品質はスプレー効果にとって重要であり、亀裂、酸化物、または潤滑剤の残留物があると、液滴が飛散したり、コーティングの欠陥が発生したりする可能性があります。表面の欠陥と粗さの検出は、モリブデン ワイヤの品質管理の焦点であり、ワイヤが滑らかで完璧な表面を持つことを保証します。

表面欠陥検査は、目視検査と顕微鏡観察を使用します。目視検査は、目に見える亀裂、傷、または酸化物スケールを迅速にスクリーニングするために使用され、通常は明るい光の下で行われます。顕微鏡観察により、より高解像度の画像が得られ、ミクロン単位のストリングマークやマイクロクラックなどの表面欠陥を検出することができます。最新の検査機器には、欠陥の位置を自動的に特定して記録できるデジタルイメージングシステムも統合されており、検査効率が向上しています。

表面粗さは、プロファイラー(表面形状測定機)または原子間力顕微鏡(AFM)を使用して検査します。プロファイラー(表面形状測定機)は、接触プローブで表面プロファイルを測定し、粗さパラメータ(Ra、Rz など)を生成して、モリブデンワイヤの表面粗さが規格(ISO 4287 など)に準拠していることを確認します。AFM は、フィラメント表面の微細なテクスチャを検査するための高精度アプリケーション向けのナノメートル分解能を提供します。噴霧用のモリブデンワイヤの粗さは、通常、噴霧プロセス中の摩擦とスパッタを減らすために 0.2 μ mRa 未満である必要があります。

表面検査では、モリブデン線の各バッチのランダムなサンプルをカバーし、オンライン監視システムと組み合わせて、描画および研磨プロセスの品質をリアルタイムで確認する必要があります。ひどく欠陥のあるワイヤーは、コーティング要件を満たしていることを確認するために、再クリーニングまたは研磨する必要があります。

8.2.3 機械的特性試験(引張強度、硬度など)

引張強度、延性、硬度などのモリブデンワイヤーの機械的特性は、延伸およびスプレー中の安定性の鍵です。機械的特性試験により、ワイヤが処理とワイヤ供給のストレスに耐え、アプリケーションのニーズを満たすことができることを確認します。

引張強度と延性は、ASTM E8 や GB/T 14842-2007 などの規格に従って、万能引張試験機を使用して試験されます。試験中、モリブデンワイヤーサンプルはゆっくりと引き伸ばさ

[著作権および法的責任に関する声明](#)

れ、破断する前に最大引張力と伸びを記録します。引張強度はワイヤの耐荷重能力を反映し、延性はその塑性変形能力を反映します。噴霧用のモリブデン線は、通常、ワイヤ供給中の破損を避けるために適度な引張強度が必要であり、同時に、描画および焼鈍プロセスに適応するための一定の延性を備えています。

硬さ試験は、ISO 6507 や ASTM E18 などの規格に準拠したピッカースまたはロックウェル硬さ試験機を使用して行われます。ピッカース硬さ試験では、ダイヤモンド圧子を使用してモリブデン線の表面に小さな荷重をかけ、くぼみサイズを測定し、硬度値を計算します。ロックウェル硬さ試験は、鋼球またはダイヤモンド圧子によってくぼみの深さが測定される粗いワイヤーに適用されます。硬さ試験は、モリブデンワイヤーの耐摩耗性と加工性を反映することができ、スプレー用のモリブデンワイヤーの硬度は、強度と靱性のバランスをとるために適度である必要があります。

機械的特性試験では、モリブデン線の各バッチをサンプリングして、結果が規格の要件を満たしていることを確認する必要があります。試験データは、アニーリング温度や延伸速度の調整など、理想的な特性の組み合わせを得るためのプロセス最適化の基礎を提供します。

8.3 スプレーコーティング検査

スプレーコーティングの品質は、モリブデンスプレーワイヤーの塗布の中心であり、部品の耐久性と性能に直接影響します。コーティング検査では、厚さ、接着性、微細構造、および腐食、温度、熱衝撃に対する耐性を評価して、コーティングが設計要件を満たしていることを確認します。これらのアッセイについては、このセクションでは詳しく説明します。

8.3.1 コーティングの厚さと均一性の測定

コーティングの厚さは、その保護性能に影響を与える重要なパラメータであり、薄すぎると保護が不十分になり、厚すぎるとストレスやコストが増加する可能性があります。モリブデン溶射ワイヤーで調製されたコーティングの厚さは通常 50~500 μ m であり、局所的な弱さを避けるために均一性を確保する必要があります。

厚さ測定では、主に超音波厚さ計とレーザー厚さ計を使用します。超音波厚さ計は、コーティングと基板との界面で音波を反射させることでコーティングの厚さを計算するため、非破壊検査に適しています。レーザー厚さ計は、レーザースキャンによってコーティング表面と基板の間の距離を測定し、複雑な形状の部品に対して高精度な厚さ分布データを提供します。オフライン検査は、冶金顕微鏡を使用して、サンプルを切断して断面を観察することにより、コーティングの厚さを正確に測定することもできます。

均一性評価では、コーティング表面の複数の領域を測定し、厚さの最大値と最小値を記録し、偏差率を算出します。試験結果は規格(GB/T 17733-2008 や ASTM C633 など)に準拠している必要があり、厚さが不均一なコーティングは、スプレー距離やワイヤ送給速度の調整など、スプレーパラメータを最適化する必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

8.3.2 コーティング接着試験

接着性は、コーティングの基材への接着強度の重要な指標であり、動作中のコーティングの耐久性を決定します。モリブデンプレーワイヤーで調製されたコーティングは、機械的衝撃と熱応力に耐えるために高い接着性を持つ必要があります。

接着試験は、主に規格(ASTM C633 など)を参考にした引張試験方法を使用して行われます。試験中、コーティングサンプルは2つの固定具の間に接着され、コーティングが剥がれたときの最大力を記録するために、延伸機によって徐々に増加する張力が加えられます。接着値は MPa で表され、スプレーモリブデンコーティングは通常、用途に応じて 30〜50MPa の接着を必要とします。

別の方法は、ダイヤモンドスクライビング針によってコーティングの表面に増加する負荷が加えられ、コーティングが剥がれる臨界点を観察するスクラッチテストです。スクラッチ試験は、局所的な応力下でのコーティングの接着性を評価するのに適しており、アコースティックエミッション検出と組み合わせて精度を向上させることができます。接着性の低いコーティングは、基材の前処理やスプレープロセス、最適化されたブラスト、またはパラメータ設定についてチェックする必要があります。

8.3.3 コーティングの微細構造と気孔率の分析

コーティングの微細構造と多孔性は、その機械的特性と耐食性に直接影響します。スプレーモリブデンコーティングは、優れた保護を確保するために、緻密な微細構造と低い気孔率を持つ必要があります。

微細構造解析では、走査型電子顕微鏡(SEM)と光学顕微鏡を使用します。SEM は、コーティングの粒径、界面結合、および欠陥分布を視覚化するための高解像度の断面画像を提供します。光学顕微鏡は、コーティング構造の広い領域を迅速に分析し、亀裂や未溶融粒子を特定するのに適しています。検査プロセスでは、断面が明確になるように、サンプルを切断、埋込み、研磨して準備します。

ポロシティ解析は、画像解析またはデンストメトリーによって行われます。画像解析では、SEM または光学顕微鏡の画像を使用して、コーティングの断面積に対する多孔性の割合を計算し、溶射モリブデンコーティングの多孔性は通常 5%未満です。密度測定法は、アルキメデスの原理を使用して、コーティングの実際の密度を理論上の密度と比較し、間接的に気孔率を計算します。多孔性が高すぎるコーティングには、スプレー速度の向上やHVOF テクノロジーなど、最適化されたスプレープロセスが必要です。

8.3.4 耐食性および高温耐性試験

スプレーモリブデンコーティングの耐食性と耐高温性は、過酷な環境における重要な指標であり、航空宇宙、化学、エネルギー分野で広く使用されています。腐食試験と高温試験は、実際の使用条件をシミュレートして、コーティングの長期安定性を評価します。

耐食性試験は、塩水噴霧試験と浸漬試験を採用しています。塩水噴霧試験(ASTM B117)は、

[著作権および法的責任に関する声明](#)

コーティングされたサンプルを塩水噴霧チャンバーに入れ、高濃度の塩化ナトリウムミストにさらして、腐食スポットの出現時間を観察します。浸漬試験では、サンプルを酸性またはアルカリ性の溶液(硫酸や水酸化ナトリウムなど)に浸漬し、コーティングの品質の低下や表面の変化を定期的にチェックします。モリブデンコーティングの化学的不活性により、さまざまな腐食性媒体に対して優れていますが、多孔性が腐食に及ぼす影響には特別な注意を払う必要があります。

高温抵抗試験は、高温酸化試験と熱サイクル試験によって行われます。高温酸化試験では、コーティングサンプルを高温炉(1000℃など)に入れ、空気または酸素にさらして酸化的重量増加またはコーティング損失を測定します。熱サイクル試験は、高温と低温の環境を交互にシミュレートし、急速加熱と急冷を使用してコーティングの耐熱衝撃性を評価します。テスト結果は、コーティングがアプリケーション要件を満たしていることを確認するために、規格(ISO 20407など)と比較する必要があります。

8.3.5 コーティングの熱衝撃性能試験

熱衝撃性能は、特に航空エンジンやガスタービンの高温サイクル環境における溶射モリブデンコーティングの重要な指標です。熱衝撃試験は、急激な温度変化下でのコーティングの亀裂や剥離に対する耐性を評価します。

熱衝撃試験は通常、水焼入れ法または熱風循環法を使用して行われます。水焼入れ法では、800℃などの高温に加熱したコーティング試料を素早く冷水に浸漬し、数回繰り返してクラックや剥離を観察する方式です。熱風循環法は、熱風炉と冷却システムを通じて、より現実的な熱サイクル環境をシミュレートし、コーティングの故障サイクル数を記録します。試験中、亀裂の形成をアコースティックエミッションまたは赤外線イメージングと組み合わせて監視し、検出精度を向上させることができます。

熱衝撃特性が劣るコーティングでは、熱膨張の不一致を減らすために、グラジエントコーティングや熱処理など、微細構造の最適化が必要です。試験結果は、コーティング設計とプロセス改善の基礎を提供し、過酷な環境での信頼性を確保します。

8.4 試験技術と設備

高度な検査技術と機器は、モリブデンスプレーワイヤーの品質管理の中心であり、高精度で非破壊のリアルタイム分析機能を提供します。このセクションでは、蛍光 X 線分析(XRF)、走査型電子顕微鏡(SEM)、エネルギー分散型分析(EDS)、硬さ試験機、超音波検査、レーザー厚さ計、その他の高度な技術など、一般的に使用される検査技術と機器について説明します。

8.4.1 蛍光 X 線分析(XRF)

蛍光 X 線分析(XRF)は、モリブデン粉末、モリブデンワイヤー、およびコーティングの化学組成を迅速に分析するために使用される非破壊検査技術です。XRF 装置は、X 線を照射して試料原子を励起し、その原子が発する特性蛍光を記録し、元素の種類や含有量を解析します。

著作権および法的責任に関する声明

XRF の利点は、その速度と多元素分析能力であり、モリブデン粉末中の鉄、ニッケル、銅などの不純物や、コーティング中の元素分布の検出に適しています。ハンドヘルド蛍光 X 線分析計は現場での試験を容易にし、ベンチトップ装置は実験室での分析精度を高めます。テストプロセスでは、結果の精度を確保するために、標準サンプルのキャリブレーションが必要です。XRF は、モリブデンスプレーワイヤーの製造に広く使用されており、GB/T 15258-2009 などの規格の要件を満たしています。

8.4.2 走査型電子顕微鏡(SEM)とエネルギー分散型分析(EDS)

走査型電子顕微鏡(SEM)は、試料の表面を電子ビームで走査し、高解像度の画像を生成する微細構造解析の基幹装置です。SEM は、モリブデン粉末のトポグラフィー、モリブデンワイヤーの表面欠陥、コーティングの断面構造の検査に広く使用されており、粒径、多孔性、亀裂などの特性を特定することができます。

分光法(EDS)は SEM と組み合わせて、サンプルから放出される特性 X 線を検出することにより、元素の分布と含有量を分析します。EDS は、モリブデン粉末中の不純物、モリブデン線表面の酸化物、またはコーティング界面での元素拡散の分布を確認するのに適しています。SEM/EDS 試験は高真空環境で実施され、帯電の影響を避けるために、サンプルは導電性(カーボンメッキや金メッキなど)である必要があります。

SEM/EDS が提供する高分解能と元素分析機能により、ASTM E1508 などの規格で要求されるモリブデンスプレーワイヤーの品質管理に不可欠なツールとなっています。

8.4.3 硬さ試験機(ピッカース、ロックウェル)

硬さ試験機は、モリブデンワイヤーとコーティングの機械的特性を評価するために使用され、その耐摩耗性と強度を反映しています。ピッカース硬さ試験機は、ダイヤモンド圧子に小さな荷重を加えることでくぼみサイズを測定し、細いモリブデンワイヤーや細いコーティングの検査に適しています。ロックウェル硬さ試験機は、鋼球またはダイヤモンド圧子を介してくぼみの深さを測定し、粗いワイヤーや厚いコーティングに適しています。

硬さ試験は、ISO 6507 や ASTM E18 などの規格に従って実施され、荷重と圧痕の測定精度を確保します。試験結果は、目的の硬度値を達成するための焼結またはスプレーパラメータの調整など、プロセスの最適化の基礎を提供します。硬さ試験機は操作が簡単で、生産現場や研究所で広く使用されています。

8.4.4 超音波検査とレーザー厚さ計

超音波検査とレーザー厚さ計は、コーティング品質検査、内部欠陥と表面厚さの評価にそれぞれ重要なツールです。超音波検出器は、コーティングと基板との間の界面での音波の反射を通じて、多孔性、亀裂、または剥離を検出するため、非破壊検査に適しています。装置は、音速と反射信号の精度を確保するために、標準サンプルを校正する必要があります。

レーザー厚さ計は、レーザースキャンによってコーティングの厚さを測定し、複雑な形状の部品を高精度で非接触で検査します。この機械は、厚さマップを生成し、不均一な領域

[著作権および法的責任に関する声明](#)

を特定し、コーティングプロセスを最適化することができます。超音波検査とレーザー厚さ計の組み合わせにより、ASTM C633 などの規格に従ってコーティングの品質を包括的に評価できます。

8.4.5 その他の高度な検出技術

上記の装置に加えて、モリブデンスプレーワイヤーの検出には、検出精度と効率を向上させるためにさまざまな高度な技術も採用されています。例えば：

X 線回折(XRD):モリブデン粉末、モリブデンワイヤー、コーティングの結晶構造を分析し、相組成と応力状態を特定するために使用され、コーティングの高温性能の研究に適しています。

赤外線サーモグラフィ:基板の過熱やコーティングの不均一を防ぐために、スプレープロセス中の温度分布をリアルタイムで監視するために使用されます。

アコースティックエミッション検出:熱衝撃または機械的ストレス下でのマイクロクラック音響信号を監視することにより、コーティングの耐久性を評価します。

原子間力顕微鏡(AFM):ナノメートルスケールの表面トポグラフィと粗さ解析を提供し、モリブデンのワイヤーとコーティングの高精度な検査を実現します。

これらの技術は、モリブデン溶射ワイヤーの品質管理のためのさまざまな手段を提供し、従来の方法と組み合わせて、さまざまなアプリケーションシナリオのニーズを満たすことができます。

8.5 品質マネジメントシステム

品質管理システムは、モリブデンスプレーワイヤーの生産の中核であり、テスト結果の信頼性と製造プロセスの制御性を保証します。標準化された管理プロセスを確立することにより、企業は品質と顧客満足度の継続的な改善を達成できます。このセクションでは、ISO 9001 品質認証、検査報告とトレーサビリティ、品質欠陥の分析と改善について説明します。

8.5.1 ISO 9001 品質認証

ISO 9001 は、コーティングされたモリブデンワイヤーの製造に関する規範的なフレームワークを提供する、国際的に認められた品質マネジメントシステム規格です。この規格は、企業が原材料の調達、生産プロセス、テスト、アフターサービスをカバーする包括的な品質管理プロセスを確立することを要求しています。ISO 9001 は、顧客中心主義を強調し、継続的な改善を通じて製品の品質と効率を向上させます。

コーティングされたモリブデンワイヤーの製造において、ISO 9001 は、各リンクの責任と基準を明確にする詳細な操作手順(SOP)の開発を要求しています。たとえば、モリブデン粉末の化学組成は、標準化されたサンプリングおよび分析手順に従ってテストされ、スプレーコーティングの接着テストでは、すべてのパラメーターと結果を文書化する必要があります。

[著作権および法的責任に関する声明](#)

ます。また、この基準では、潜在的な問題を特定し、改善策を策定するために、定期的な内部監査とマネジメントレビューも求められています。

ISO 9001 の認証を取得した企業は、市場での競争力を高め、航空宇宙や自動車などの業界の厳しい要件を満たすことができます。認証プロセスは、経営陣の客観性とコンプライアンスを確保するために、第三者機関によって実施されます。

8.5.2 テストレポートとトレーサビリティ

テストレポートとトレーサビリティは、モリブデンスプレーワイヤーとそのコーティングの各バッチの品質が検証可能であることを保証するための品質管理の重要な要素です。テストレポートには、化学組成、サイズ、性能、欠陥分析など、原材料、モリブデンワイヤー、コーティングのテスト結果を詳細に記録する必要があります。レポートは、規格の形式要件(GB/T 15258-2009 など)に準拠し、検査官によって署名され、日付が付けられている必要があります。

トレーサビリティには、モリブデン粉末の調達からコーティング製品の完成まで、プロセスのすべてのステップをカバーする完全な生産記録の確立が必要です。モリブデンワイヤーとコーティングの各バッチには、原材料の供給源、生産パラメータ、テスト結果、工場情報を記録する一意の識別番号が割り当てられています。現代のビジネスでは、電子トレーサビリティシステムを使用してバーコードや QR コードでデータを管理しており、情報を迅速に取得して共有しています。

トレーサビリティは、品質管理に役立つだけでなく、問題が発生したときに原因を迅速に特定することもできます。例えば、コーティングが剥がれている場合、トレーサビリティシステムによりモリブデンワイヤーの表面品質やコーティングパラメータをチェックし、的を絞った改善策を講じることができます。

8.5.3 品質欠陥の分析と改善

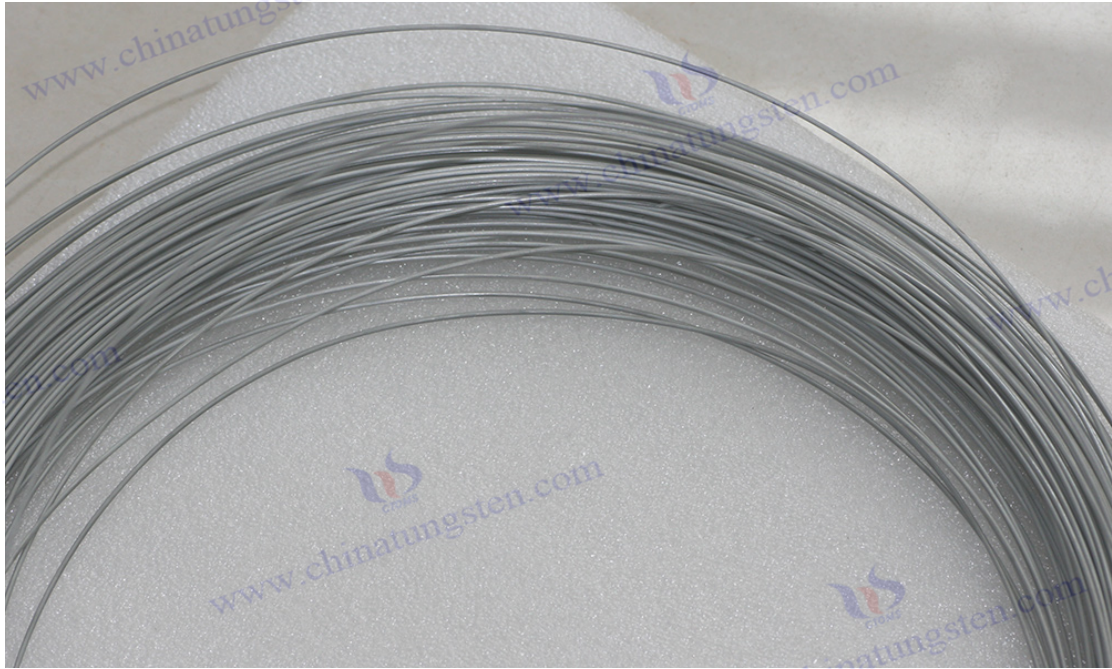
品質欠陥分析は、欠陥原因の体系的な分析を通じて、生産プロセスと検査方法を最適化することにより、継続的な改善の鍵です。一般的な欠陥には、モリブデンワイヤーの表面亀裂、過剰なコーティング多孔性、不十分な接着性などがあり、根本原因を特定するには科学的な分析が必要です。

欠陥分析では、通常、特性要因図、5W1H(Why、Where、When、Who、What、How)および Failure Mode and Effects Analysis(FMEA)を使用します。フィッシュボーン図は、欠陥の原因を人、機械、材料、方法、環境の 5 つのカテゴリに分類し、考えられる影響要因を体系的に整理します。5W1H は、特定の問題を通じて欠陥が発生するシナリオと条件を特定します。FMEA は、欠陥の潜在的なリスクを評価し、基材の前処理の強化やコーティングパラメータの最適化などの予防策を開発します。

改善は、その有効性を確認するためにテストする必要があります。たとえば、コーティングの多孔性が高すぎる場合は、スプレー速度を上げるか、HVOF テクノロジーを使用して、SEM 分析を通じて改善を検証してみてください。改善の成果を SOP やトレーニング計画に盛り込み、問題の再発を防ぐ必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

品質欠陥の分析と改善は、品質管理の動的なプロセスであり、データ駆動型のアプローチを通じて、企業はモリブデン溶射ワイヤーの性能と信頼性を継続的に改善して、市場の需要を満たすことができます。



CTIA GROUP LTD モリブデンスプレーワイヤー

第9章 モリブデン溶射ワイヤーの開発動向と将来展望

溶射技術の重要な材料として、モリブデン溶射ワイヤーは、航空宇宙、自動車産業、エネルギー、化学産業でかけがえのない役割を果たしてきました。世界の産業がインテリジェントでグリーン、ハイエンドに変革される中、モリブデンスプレーワイヤーの技術、市場、およびアプリケーションは、新たな機会と課題をもたらしています。この章では、モリブデンスプレーワイヤーの技術開発動向、市場の需要とアプリケーションの拡大、環境保護と持続可能な開発、および国際的な技術交流と協力の見通しについて深く議論し、業界の将来の発展のための体系的な見通しを提供します。

9.1 モリブデン溶射線の技術開発動向

モリブデンスプレーワイヤーの技術開発は、高性能、高効率、知能の向上に向かって進んでいます。新しい材料、新しいプロセス、デジタル技術の融合により、溶射技術に革命が起こり、モリブデンワイヤーとそのコーティングは、ますます複雑で要求の厳しいアプリケーションの要求を満たすことができます。このセクションでは、新しいスプレー材料とプロセス、インテリジェントでデジタルな生産、複合コーティング技術の開発動向に焦点を当てます。

9.1.1 新しい噴霧材料とプロセス

新しいスプレー材料とプロセスの開発は、モリブデンスプレーワイヤーの性能を向上させるための重要な方向性です。従来のモリブデンワイヤーは、その高い融点、耐食性、および優れた機械的特性に基づいていますが、単一のモリブデンコーティングは、超高温や強

[著作権および法的責任に関する声明](#)

い腐食などの一部の極端な環境で制限に直面する可能性があります。新しい材料とプロセスの導入は、これらの制限を克服し、モリブデンワイヤーの用途範囲を拡大することを目的としています。

材料に関しては、モリブデンマトリックス複合材料とドーパされたモリブデンワイヤーが研究のホットスポットになっています。モリブデンマトリックス複合材料は、モリブデンにセラミック粒子(ジルコニア、炭化ケイ素など)または希土類元素(ランタン、セリウムなど)を添加することにより、コーティングの硬度、耐摩耗性、耐酸化性を大幅に向上させます。例えば、酸化ランタンをドーパしたモリブデン線は、高温溶射で安定した酸化物保護層を形成し、コーティングの寿命を延ばすことができます。ナノスケールのモリブデン粉末の開発は、噴霧プロセスにもブレークスルーをもたらし、ナノ粒子の微細なサイズと均一な分布により、コーティングの密度が高くなり、多孔性が大幅に減少します。このようなナノスケール材料の調製は、多くの場合、粒子の高純度と一貫性を確保するために、蒸着または機械的合金化技術を使用して行われます。

プロセス面では、コールドスプレーとレーザーアシストスプレー技術が急速に進化しています。コールドスプレーは、超音速ガス流を介してモリブデン粒子を基板の表面に堆積させ、高温溶融による酸化や熱応力を回避し、アルミニウム合金やポリマーなどの熱に弱い基板に特に適しています。レーザーアシストスプレーは、レーザーの高エネルギー密度と組み合わせられて、熔融液滴の堆積経路とコーティングの微細構造を正確に制御し、より均一なコーティングとより強力な接着性をもたらします。さらに、超音速火炎溶射(HVOF)および懸濁プラズマ溶射(SPS)技術の進歩により、モリブデン溶射の成膜効率とコーティング品質も向上しています。これらのプロセスは、ガス流量、熱源電力、およびワイヤ供給速度を最適化することにより、より低い空隙率とより高い接着強度を実現します。

新しい材料とプロセスの組み合わせも、機能性コーティングの開発を推進しています。例えば、モリブデンベースの自己潤滑コーティングには、二硫化モリブデンまたはグラファイトがドーパされているため、摩擦係数が大幅に減少し、高精度の摺動部品に適しています。モリブデンベースの遮熱コーティングは、セラミック層とコンパウンドすることで航空エンジンのタービブレードに塗布され、高温寿命を延ばします。これらの技術トレンドは、スプレーコーティングされたモリブデンワイヤが単一の材料から多機能のカスタマイズされた方向に進化し、ハイエンドアプリケーション向けのより柔軟なソリューションを提供していることを示しています。

9.1.2 インテリジェントでデジタルな生産

インテリジェントなデジタル生産は、モリブデンスプレーワイヤー業界の革新的なトレンドであり、人工知能、モノのインターネット、ビッグデータ分析の統合により、生産効率、品質管理、プロセス最適化機能が大幅に向上しました。インテリジェントなコーティングシステムとデジタル生産プロセスは、モリブデンワイヤーの製造方法と使用方法を変えています。

インテリジェントな噴霧システムは、産業用ロボットとセンサーに基づいており、噴霧パラメータをリアルタイムで監視および調整できます。ロボットスプレーシステムは、視覚

[著作権および法的責任に関する声明](#)

認識とパスプランニング技術により、複雑な形状の基材に適応し、コーティングの均一性を確保します。センサーは、温度、圧力、ワイヤ送給速度などのデータをリアルタイムで収集し、フィードバック制御システムを通じてプロセスパラメータを動的に最適化します。たとえば、一部の高度なプラズマ溶射装置は、機械学習アルゴリズムを使用してコーティングの欠陥を予測し、噴霧距離やガス流量を自動的に調整してスクラップ率を減らすことができます。

デジタルプロダクションは、インダストリアル・インターネット・オブ・シングス(IIoT)を通じて、デバイスの接続性とデータ共有を可能にします。生産ラインの各機器(伸線機、スプレーガン、検出器など)には、プロセスパラメータと品質データをクラウドプラットフォームにアップロードするデータ収集モジュールが装備されています。SCADA システムなどのデータ分析プラットフォームを使用すると、生産プロセスをリアルタイムで監視して、潜在的な問題を特定し、プロセスを最適化することができます。例えば、モリブデン線の延伸中の張力変動を解析することで、潤滑剤の配合や金型設計を調整し、電線の品質を向上させることができます。デジタルプロダクションはリモートメンテナンスもサポートしているため、技術者はクラウド経由で機器のステータスにアクセスして、障害を迅速に診断し、ダウンタイムを短縮できます。

人工知能(AI)は、プロセスの最適化においてますます重要な役割を果たしています。AI アルゴリズムは、過去の生産データを分析して、プロセスパラメータの最適な組み合わせを予測し、試行サイクルを短縮します。例えば、HVOF 溶射では、AI モデルが基板の種類や塗布ニーズに応じて最適な燃料比や噴射速度を推奨することで、塗布性能を大幅に向上させることができます。また、AI は SEM 画像や接着試験結果などの検査データを解析し、不適合製品を事前に特定することで、品質予測を支援し、品質リスクを低減します。

インテリジェントでデジタルな生産のトレンドは、生産効率を向上させるだけでなく、柔軟な製造も促進しました。最新のコーティングラインは、さまざまなサイズのモリブデンワイヤーとコーティングタイプをすばやく切り替えて、小ロットやカスタマイズされた注文のニーズを満たすことができます。この技術の進歩により、モリブデンスプレーワイヤー業界は市場の変化によりよく適応し、航空宇宙や自動車などのハイエンド分野に高付加価値製品を提供することができます。

9.1.3 複合コーティング技術

複合コーティング技術は、セラミック、金属、ポリマーなどの他の材料と組み合わせることで、コーティングの全体的な性能を大幅に向上させます。複合コーティングの開発は、モリブデンスプレーワイヤー技術の重要な方向性であり、多機能で極端な環境のアプリケーションニーズを満たすことができます。

グラジエントコーティングは、基板とモリブデンコーティングの間に遷移層を導入することで熱応力による剥離を低減し、熱膨張係数と硬度の差を滑らかにする複合コーティング技術の一種です。例えば、航空エンジンのタービンブレードでは、ニッケル基合金バインダー層にモリブデンコーティングとジルコニア遮熱コーティングを組み合わせることで勾配構

[著作権および法的責任に関する声明](#)

造を形成し、コーティングの耐熱衝撃性を大幅に向上させています。グラジエントコーティングは通常、さまざまな材料の堆積速度を正確に制御することにより、組成と性能の段階的な変化を達成するマルチソーススプレーシステムを使用して調製されます。

多層コーティングは、材料の異なる層を交互に堆積させることによりコーティングの性能を最適化する別の重要な複合技術です。例えば、モリブデンコーティングは、耐摩耗性と耐食性の両方を提供するアルミナコーティングと交互に堆積されるため、化学反応器の保護に適しています。多層コーティングの調製には、各層の厚さと界面接合の正確な制御が必要であり、最新のプラズマ溶射装置は、マルチガン設計により効率的なマルチマテリアル堆積を実現します。

機能性複合コーティングは、機能性材料をコーティングにドーピングすることにより、コーティングに特別な特性を付与します。例えば、カーボンナノチューブをドーピングしたモリブデンコーティングは、優れた導電性と自己潤滑性を有し、電子機器の高速摺動部に適している。酸化イットリウムをドーピングしたモリブデンコーティングは、高温酸化に対する耐性を向上させ、ガスタービンブレードに適しています。これらの機能性コーティングの開発は、ナノテクノロジーと表面改質技術の進歩に依存しており、ドーピングされた材料が均一に分布し、モリブデンマトリックスに十分に結合していることを確認しています。

複合コーティング技術の課題は、プロセスの複雑さとコスト管理です。今後の開発では、コーティングの一貫性と信頼性を向上させながら生産コストを削減するために、インテリジェントな機器とプロセスの最適化が必要です。これらの技術の広範な適用は、ハイエンド分野でのモリブデンスプレーワイヤーの市場競争力を促進します。

9.2 モリブデンスプレーワイヤーの市場需要と用途拡大

モリブデンスプレーワイヤーの市場需要は、世界的な工業化と新興技術の開発によって推進されており、応用分野は伝統的な産業から新興産業に急速に拡大しています。このセクションでは、新興産業の応用可能性と世界市場の動向を分析し、モリブデン溶射ワイヤーの将来の開発に関する市場の見通しを提供します。

9.2.1 新興産業における応用の可能性

再生可能エネルギー、電気自動車、積層造形、生物医学などの新興産業の急速な発展により、モリブデンスプレーワイヤーの新たな応用機会が開かれました。これらの業界では、高性能コーティングの高性能化と汎用性が求められており、モリブデン線技術の革新と市場拡大が推進されています。

再生可能エネルギーの分野では、太陽熱発電や風力発電設備の保護被覆材として、スプレーコートされたモリブデン線が広く利用されています。ソーラーコレクターチューブは高温で長時間動作する必要があり、モリブデンコーティングは高い熱伝導率と耐酸化性により、熱伝達効率と耐久性を向上させます。風力タービンのブレードとベアリングは風砂や湿気にさらされるため、モリブデンコーティングの耐摩耗性と耐食性により、耐用年数を大幅に延ばすことができます。クリーンエネルギーに対する世界的な需要が高まるにつれ、再生可能エネルギー機器へのモリブデン線の応用可能性は拡大し続けるでしょう。

[著作権および法的責任に関する声明](#)

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

著作権および法的責任に関する声明

電気自動車(EV)業界の台頭により、モリブデンスプレーワイヤーの広大な市場が生まれました。電気自動車のバッテリー管理システムとモーター部品は、高温と高電流で動作する必要があり、モリブデンコーティングは電極の導電性と耐摩耗性を改善し、部品の寿命を延ばすことができます。また、電気自動車のブレーキシステムは、ブレーキディスクの耐摩耗性を高める必要がある回生ブレーキを採用しており、モリブデンコーティングは低摩擦係数と高硬度でこれらのニーズに応えています。電気自動車市場の急速な成長は、自動車業界でのモリブデンスプレーワイヤーのさらなる人気を促進します。

アディティブ・マニファクチャリング(3D プリンティング)も新たな応用分野です。モリブデンコーティングは、3D プリンティング機器のノズルと金型を高温溶融材料による摩耗や腐食から保護するために使用されます。モリブデンワイヤーは、航空宇宙および医療用途向けのレーザーまたはプラズマ堆積により複雑な形状のモリブデンベースの部品を調製するための3Dプリンティングの原料としても使用できます。アディティブマニファクチャリングでは、材料特性とプロセスの柔軟性に対する高い要求が、モリブデン溶射ワイヤーの技術革新を後押ししています。

生物医学分野では、モリブデンスプレーワイヤーによって調製されたコーティングは、その生体適合性と耐食性により、インプラントや手術器具の表面保護に適用されます。たとえば、人工関節のモリブデンコーティングは、流体の腐食を減らし、インプラントの寿命を延ばすことができます。メスのモリブデンコーティングは、その高硬度と低摩擦により切断精度を向上させます。精密医療の進展や高齢化社会が進む中、モリブデンコーティングは医療機器への応用が期待されています。

これらの新興産業の応用の可能性は、モリブデン溶射ワイヤーが従来の産業からハイテク分野に変貌していることを示しています。企業は、市場機会をつかむために、研究開発投資を増やし、新たなニーズを満たすためにカスタマイズされた製品を開発する必要があります。

9.2.2 グローバル市場動向分析

モリブデンスプレーワイヤーの世界市場は、工業化のプロセス、地域経済、政策指導の影響を受け、多様な開発傾向を示しています。中国、欧州連合、北米、アジア太平洋地域が主要市場であり、各地域で市場特性と需要ドライバーが異なります。

中国は世界最大のモリブデン資源の生産国および消費国であり、モリブデンスプレーワイヤー市場は、国内製造とインフラストラクチャ建設の急速な発展から恩恵を受けています。航空宇宙、自動車、エネルギー機器は中国市場の主要な需要分野であり、「カーボンニュートラル」目標などの国家政策により、再生可能エネルギーや電気自動車産業の発展が促進され、モリブデンワイヤーの需要がさらに拡大しています。中国企業は、技術のアップグレードとコストの最適化を通じて、世界市場で重要な地位を占めてきました。

EU 市場は、ハイエンドのアプリケーションと環境要件を特徴としており、航空宇宙産業と自動車産業が主な需要源となっています。REACH や RoHS などの欧州連合(EU)のグリ

[著作権および法的責任に関する声明](#)

ーン製造規制により、企業は低公害のスプレープロセスを採用することが義務付けられており、コールドスプレーやグリーンモリブデンコーティング技術の開発が推進されています。欧州企業は、国際市場との技術協力に重点を置き、技術革新と品質基準をリードしています。

北米市場は航空宇宙産業とエネルギー産業が大半を占めており、米国ではガスタービンや深海石油・ガス機器を中心に、高性能コーティングの需要が拡大し続けています。北米の企業は、HVOF およびプラズマ溶射技術をリードしており、インテリジェント機器の開発と応用に重点を置いています。米国政府の製造業のリショアリング政策は、地域市場に新たな活力を注入しました。

アジア太平洋地域、特にインド、日本、韓国は急成長している市場であり、自動車用電子機器、再生可能エネルギー、造船業界の拡大により、モリブデンワイヤーの需要が高まっています。インド市場の低コストの利点により、インドは新興のモリブデンワイヤー加工センターとなり、日本と韓国は半導体およびディスプレイ業界での高精度アプリケーションに焦点を当てています。RCEP のような地域経済統合の進展は、アジア太平洋市場における技術交流と資源共有を促進しました。

世界市場の動向は、モリブデンスプレーワイヤーの需要が、特にハイエンドおよび新興セグメントで成長し続けることを示しています。企業は、地域市場の差別化されたニーズに注意を払い、ローカライズされた生産とグローバルなサプライチェーンの最適化を通じて市場カバレッジを改善する必要があります。同時に、国際的な貿易障壁や原材料価格の変動のリスクは、調達が多様化と戦略的協力を通じて対処する必要があります。

9.3 環境保護と噴霧の持続可能な開発

環境保護と持続可能な開発は、噴霧モリブデン業界の重要な開発方向であり、グリーンテクノロジーと循環経済の概念は、生産モードとプロセスの選択に大きく影響しています。環境汚染の削減、資源利用の改善、低炭素生産の推進は、業界が直面する共通の課題です。ここでは、グリーンスプレー技術と環境マネジメントシステムについて解説します。

グリーンスプレー技術

グリーンスプレー技術は、スプレープロセス中の汚染物質の排出とエネルギー消費を削減し、プロセスの革新と機器のアップグレードを通じて環境目標を達成することを目的としています。グリーンスプレー技術の開発は、火炎噴霧などの従来の溶射技術が排気ガス、粉塵、騒音を発生させる可能性のある問題の解決策を提供します。

コールドスプレー技術は典型的なグリーンテクノロジーであり、モリブデン粒子を低温かつ高速で噴射することにより、高温による酸化物の排出と熱エネルギーの浪費を回避します。コールドスプレー装置は、効率的なガス循環システムを採用しており、ヘリウムや窒素の使用量を削減し、運用コストを削減します。コールドスプレーは入熱量が少ないため、熱に弱い基材の取り扱いやスクラップ発生の低減に適しており、自動車やエレクトロニクス業界で広く使用されています。

著作権および法的責任に関する声明

低排出の噴霧装置は、グリーン開発の焦点です。最新のプラズマ溶射および HVOF システムには、ろ過および吸着技術により二酸化硫黄や窒素酸化物などの有害ガスを除去する排気ガス処理ユニットが装備されており、排出基準(EU REACH など)への準拠を保証します。効率的な燃焼システムは、燃料と酸素の比率を最適化することでエネルギー効率を向上させながら、炭素排出量を削減します。一部の最先端のスプレー装置には、廃熱を使用して基板を予熱したり加熱したりする熱回収システムも統合されており、エネルギー消費を削減します。

水性洗浄技術の導入により、グリーンスプレーの開発も促進されました。従来の洗浄プロセスでは有機溶剤が使用されており、揮発性有機化合物(VOC)の汚染を引き起こす可能性があります。水性クリーナーは、生分解性配合と超音波洗浄技術により、モリブデンワイヤーの表面から油や酸化物を除去するのに非常に効果的で、環境への影響を軽減します。これらのグリーンテクノロジーを包括的に適用することで、モリブデンスプレーワイヤーの生産はより環境に優しく、グローバルな持続可能な開発の要件を満たします。

スクラップの回収とリサイクル
廃棄物の回収とリサイクルは、モリブデンスプレーワイヤー業界の持続可能な発展の重要な部分です。レアメタルであるモリブデンは資源が限られているため、リサイクルすることで生産コストの低減や環境負荷の低減が図れます。スプレープロセスからのスプラッター粒子、廃フィラメント、古いコーティングは、リサイクルの主な対象です。

飛沫粒子の回収は、専用の収集システムによって実現されます。最新の噴霧装置には、噴霧プロセス中に逃げるモリブデン粒子を捕捉して分離するための集塵機とフィルターが装備されています。これらの粒子はスクリーニングおよび精製され、噴霧またはモリブデン粉末の製造に再利用できます。リサイクルシステムの効率は資源利用に直接影響し、最先端の機器は飛沫粒子の最大 90%を回収することができます。

廃フィラメントや古いコーティングのリサイクルは、化学的または機械的な方法で処理されます。廃線は製錬または電気分解によって精製され、高純度のモリブデン粉末に変換され、製造プロセスに再投入されます。古いコーティングのリサイクルでは、通常、サンドブラストまたはケミカルストリッピング技術を使用してコーティングを基材から分離し、回収されたモリブデン材料は粉碎および精製されてから再利用されます。リサイクルプロセスでは、リサイクルされた材料の品質が基準(GB / T 3462-2017 など)を満たしていることを確認するために、不純物の導入を厳密に管理する必要があります。

リサイクルシステムの構築には、産業チェーンの上流と下流の協力が必要です。モリブデン加工業者と噴霧サービスプロバイダーは、廃棄物を統一的に収集および処理するためのリサイクルネットワークを確立する必要があります。H.C. Starck などの大手企業は、廃棄物を直接原材料に変換するクローズドループリサイクルシステムを開発し、資源消費を大幅に削減しています。また、中国の「循環経済推進法」により、企業がリサイクル技術を採用し、レアメタルの廃棄物を削減することを奨励するなど、政策支援は循環型経済の発展にも貢献しています。

著作権および法的責任に関する声明

廃棄物のリサイクルとリサイクルは、生産コストを削減するだけでなく、会社の社会的責任のイメージも高めます。将来的には、業界はモリブデン資源の持続可能な利用を促進するために、リサイクル技術と基準をさらに改善する必要があります。

9.4 モリブデン溶射線の国際技術交流と協力

国際的な技術交流と協力は、技術革新、規格統一、市場のグローバル化を促進するモリブデンスプレーワイヤー産業の発展の主要な推進力です。国境を越えた研究開発、業界との協力、国際会議を通じて、業界はリソースを共有し、共通の問題を解決し、技術の進歩を推進することができます。このセクションでは、国際的な技術基準の調和と国境を越えた研究開発および産業協力の見通しを探ります。

9.4.1 国際技術基準の調和

国際技術規格の統一は、モリブデン溶射線の世界的な貿易と技術交換の基礎を提供し、規格の違いによって引き起こされる技術的障壁を減らします。現在、モリブデンスプレーワイヤーの規格は、主に ISO、ASTM および中国の GB / T システムによって支配されていますが、規格間の化学組成、試験方法、およびアプリケーション要件に違いがあり、多国籍市場の互換性に影響を与えます。

ISO 14919 や ISO 20407 などの ISO 規格は、国際的な技術規格の調和の中心であり、スプレー用のワイヤとコーティングの性能要件をカバーしています。これらの規格は、いくつかの国の専門家によって開発されており、世界の業界の技術的コンセンサスを反映しています。たとえば、ISO 14919 は、スプレーコーティングされたモリブデン ワイヤの寸法公差と表面品質を規定しており、欧州連合、北米、およびアジア太平洋地域で広く認識されています。将来的には、ISO は、業界の発展に適応するために、新しい技術(コールドスプレー、ナノコーティングなど)の仕様を含むように、規格の範囲をさらに拡大する必要があります。

ASTM B387-18 などの ASTM 規格は、北米市場に大きな影響を与えており、その高い精度要件は航空宇宙などのハイエンドアプリケーションに適しています。中国の GB/T 規格と比較して、ASTM は不純物含有量と検出方法の仕様が厳格です。規格を調和させる取り組みには、ISO と ASTM の調和を図り、より互換性のある仕様を開発する必要があります。たとえば、ASTM と GB / T は、二国間の相互承認協定を通じてモリブデンワイヤーの化学組成と機械的特性試験方法を調和させることにより、国境を越えた認証プロセスを簡素化できます。

国際基準設定における中国の役割は増大しています。国内企業(Chinatungsten High-tech など)は、GB / T 規格(GB / T 4181-2017 など)と国際規格の統合を促進するために、ISO 技術委員会に積極的に参加しています。規格の統一は、技術交流を促進するだけでなく、世界市場における中国企業の競争力も強化します。将来的には、業界は多国間協力を強化し、規格の改訂と促進を加速し、モリブデン溶射線のグローバルな統一技術フレームワークを構築する必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

9.4.2 国境を越えた研究開発と産業協力

国境を越えた研究開発と産業協力は、モリブデン溶射におけるモリブデンワイヤー技術を革新するための重要な方法であり、リソースと専門知識を共有することで新しい材料とプロセスの開発を加速します。コラボレーションは、共同研究所、技術ライセンス、業界提携、国際会議などの形をとります。

この共同研究所は、国境を越えた研究開発の中核プラットフォームです。例えば、中国科学院はドイツのフラウンホーファー研究所と協力して、モリブデン系複合コーティングとコールドスプレー技術の研究に焦点を当てた溶射技術の共同研究所を設立しました。これらのラボは、機器とデータを共有することで、モリブデンコーティングの高温酸化と熱衝撃性能の技術的課題を解決します。また、この共同研究所は、国際的な人材を育成し、業界の発展のための技術的予備力を提供してきました。

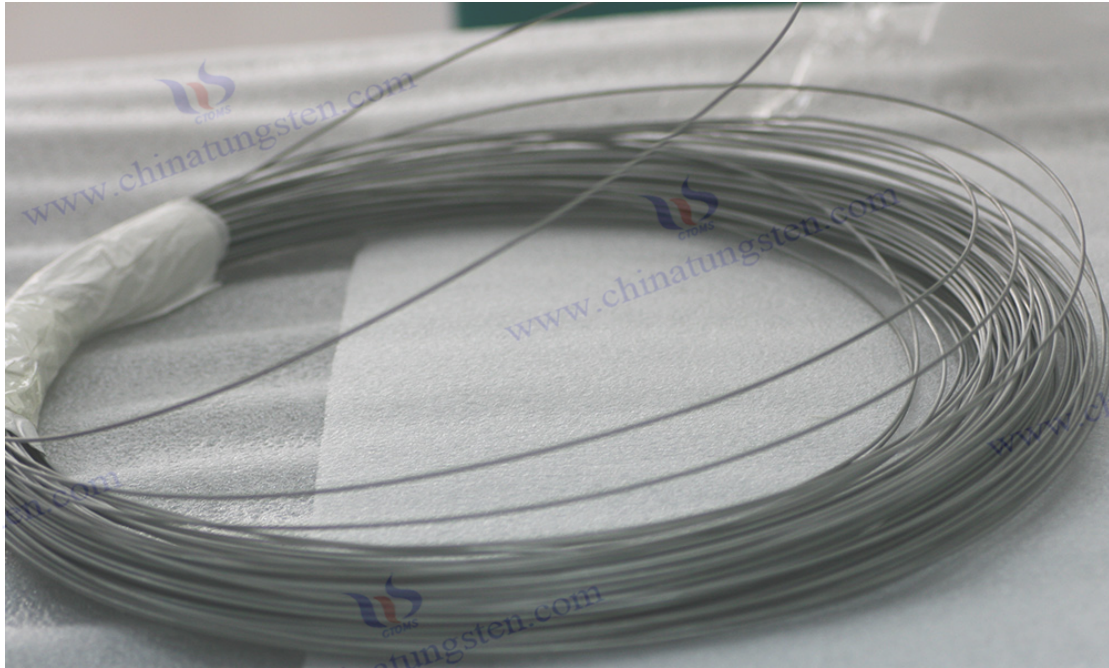
テクノロジー ライセンスは、業界コラボレーションの一般的な形態です。欧州企業は、モリブデン線製造技術をアジア企業にライセンス供与することで、地域市場の技術向上を推進してきました。技術ライセンス供与には、ライセンス製品の性能が基準を満たしていることを確認するための厳格な品質管理が伴います。このコラボレーションモデルは、テクノロジーの普及コストを削減しながら、企業の市場範囲を拡大します。

業界連合は、産業チェーンのリソースを統合することにより、モリブデンスプレーワイヤーの大規模な適用を促進してきました。たとえば、American Thermal Spray Society(ASM TSS)と China National Thermal Spray Collaboration Group が共同で開催する International Thermal Spray Conference は、企業が技術を交換し、市場とつながるためのプラットフォームを提供します。また、このアライアンスは、原材料サプライヤー、機器メーカー、コーティングサービスプロバイダーのコラボレーションを調整し、グローバルサプライチェーンを最適化します。

ITSC International Thermal Spray Conference(ITSC 国際溶射会議)などの国際会議や展示会は、技術交流の重要なチャネルであり、世界中から専門家や企業が集まり、最新のモリブデン溶射ワイヤー技術を紹介しています。この会議では、技術プレゼンテーション、セミナー、展示会を通じて、国境を越えた協力プロジェクトが促進されました。たとえば、2024 年の ITSC 会議では、スマートスプレーとグリーンテクノロジーに焦点を当て、モリブデンワイヤー業界の将来の発展の方向性を指摘しました。

国境を越えた研究開発と産業界の協力の課題は、知的財産の保護と文化の違いにあります。将来的には、業界は、特許の共有と共同出願を通じてすべての関係者の利益のバランスをとるために、より透明性の高い協力メカニズムを確立する必要があります。同時に、人材養成と文化交流を強化し、コラボレーションの効率を向上させ、モリブデンスプレーワイヤー技術の世界的な発展を促進します。

著作権および法的責任に関する声明



CTIA GROUP LTD モリブデンスプレーワイヤー

虫垂

A. 用語集

モリブデン スプレーワイヤー: 高純度のモリブデンワイヤーを原料とし、溶射技術により基板表面に機能性コーティングを形成する材料。

溶射: 材料を熱で溶かしたり、半熔融したりして基板の表面に溶射してコーティングを形成するプロセス。

プラズマ 溶射: プラズマの火炎流を熱源とする高温溶射技術。

フレイム スプレー: 燃え盛る炎を熱源として利用するスプレー方法。

アーク 溶射: 金属線をアーク放電して基板の表面に溶射する技術。

HVOF(High-Velocity Oxy-Fuel Spraying): 高速燃焼ガスを用いて溶融物を注入する噴霧技術。

コーティング の接着性: コーティングと基材との間の結合の強度で、通常は引張試験またはせん断試験によって評価されます。

コーティングの 気孔率: コーティングの性能に影響を与える、コーティングの細孔の体積比。

耐腐食性: 化学的またはガルバニック腐食に耐える材料の能力。

耐摩耗性: 材料の表面が機械的摩耗に耐える能力。

モリブデン 粉末: 化学的還元または物理的方法によって調製された高純度モリブデン粒子。

粉末 冶金: 金属粉末をプレスして焼結することにより材料を準備するプロセス。

伸線 プロセス: 伸線ダイを使用して金属棒をフィラメントに加工するプロセス。

表面活性化: 化学的または物理的方法によってモリブデンワイヤーの表面活性を改善する処理。

蛍光 X 線分析(XRF): 材料の元素組成を検出するために使用される分光分析技術。

[著作権および法的責任に関する声明](#)

走査型電子顕微鏡(SEM): 材料の微視的な形態と構造を観察するために使用される顕微鏡技術。

エネルギー分光法(EDS): SEM と組み合わせて使用され、材料の元素分布を分析する手法。

熱処理: 加熱および冷却プロセスを制御することにより、材料の特性を改善するプロセス。

グリーン マニュファクチャリング: 省エネ、排出削減、環境保護を目的とした生産方法。

B. 参考文献

- [1] Chinatungsten オンライン。タングステンモリブデンライブラリ。
- [2] 中国タングステン。1986 年、隔月刊で創刊。
- [3] 中国科学院金属研究所。モリブデン系コーティングの研究の進展
- [4] Praxair Surface Technologies。溶射コーティングのパンフレット。
- [5] GB / T 4181-2017 モリブデンワイヤー。中国の標準化行政。
- [6] GB / T 3462-2017 「モリブデンバーとモリブデンブランク」。中国の標準化行政。
- [7] ASTM B387-18《モリブデンおよびモリブデン合金棒、棒、およびワイヤーの標準仕様》。ASTM インターナショナル。
- [8] ISO 14919 《溶射 - 火炎およびアーク溶射用のワイヤー、ロッド、コード》。標準化のための国際機関。
- [9] ISO 20407 《ファインセラミックス - 界面引張およびせん断強度の試験方法》。標準化のための国際機関。
- [10] 材料科学ジャーナル。溶射コーティングのトレンド。
- [11] 表面およびコーティング技術。コールドスプレーとインテリジェントスプレーシステムの進歩。
- [12] 国際溶射会議(ITSC)。議事録 2024。
- [13] ISO 9001:2015 《品質マネジメントシステム - 要求事項》。標準化のための国際機関。
- [14] ISO 14001:2015 《環境マネジメントシステム - 要求事項》。標準化のための国際機関。
- [15] EU REACH 規則。欧州化学機関。
- [16] 中国循環経済推進法。国家発展改革委員会。
- [17] 中国科学院金属研究所。モリブデン系コーティングの研究の進展
- [18] ASTM C633。溶射コーティングの接着または凝集性の標準的な試験方法。
- [19] ISO 4287。幾何学的製品仕様 (GPS) - 表面テクスチャ。
- [20] 溶射技術ジャーナル。モリブデンコーティング:特性と用途。

著作権および法的責任に関する声明