Vollständiger Leitfaden für Molybdän-Sprühdraht

中钨智造科技有限公司
CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

Weltweit führend in der intelligenten Fertigung für die Wolfram-, Molybdän- und Seltenerdmetallindustrie

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

EINFÜHRUNG IN DIE CTIA GROUP

CTIA GROUP LTD, eine hundertprozentige Tochtergesellschaft mit unabhängiger Rechtspersönlichkeit, die von CHINATUNGSTEN ONLINE gegründet wurde, widmet sich der Förderung des intelligenten, integrierten und flexiblen Designs und der Herstellung von Wolfram- und Molybdänmaterialien im Zeitalter des industriellen Internets. CHINATUNGSTEN ONLINE, gegründet 1997 mit www.chinatungsten.com als Ausgangspunkt – Chinas erste erstklassige Website für Wolframprodukte – ist das bahnbrechende E-Commerce-Unternehmen des Landes, das sich auf die Wolfram-, Molybdän- und Seltenerdmetallindustrie konzentriert. Mit fast drei Jahrzehnten umfassender Erfahrung in den Bereichen Wolfram und Molybdän erbt die CTIA GROUP die außergewöhnlichen Design- und Fertigungskapazitäten, die hervorragenden Dienstleistungen und den weltweiten Ruf ihrer Muttergesellschaft und wird zu einem umfassenden Anbieter von Anwendungslösungen in den Bereichen Wolframchemikalien, Wolframmetalle, Hartmetalle, Legierungen mit hoher Dichte, Molybdän und Molybdänlegierungen.

In den letzten 30 Jahren hat CHINATUNGSTEN ONLINE mehr als 200 mehrsprachige professionelle Websites für Wolfram und Molybdän eingerichtet, die mehr als 20 Sprachen abdecken und über eine Million Seiten mit Nachrichten, Preisen und Marktanalysen in Bezug auf Wolfram, Molybdän und Seltene Erden enthalten. Seit 2013 hat der offizielle WeChat-Account "CHINATUNGSTEN ONLINE" über 40.000 Informationen veröffentlicht, fast 100.000 Follower bedient und täglich Hunderttausenden von Branchenexperten weltweit kostenlose Informationen zur Verfügung gestellt. Mit kumulativen Besuchen auf seinem Website-Cluster und seinem offiziellen Konto, die Milliarden von Malen erreichen, hat es sich zu einer anerkannten globalen und maßgeblichen Informationsdrehscheibe für die Wolfram-, Molybdän- und Seltenerdmetallindustrie entwickelt, die 24/7 mehrsprachige Nachrichten, Produktleistungen, Marktpreise und Markttrenddienste bietet.

Aufbauend auf der Technologie und Erfahrung von CHINATUNGSTEN ONLINE konzentriert sich die CTIA GROUP darauf, die personalisierten Bedürfnisse der Kunden zu erfüllen. Unter Verwendung der KI-Technologie entwirft und produziert das Unternehmen gemeinsam mit Kunden Wolfram- und Molybdänprodukte mit spezifischen chemischen Zusammensetzungen und physikalischen Eigenschaften (wie Partikelgröße, Dichte, Härte, Festigkeit, Abmessungen und Toleranzen). Das Unternehmen bietet integrierte Dienstleistungen rund um den Prozess, die von der Werkzeugöffnung über die Probeproduktion bis hin zur Endbearbeitung, Verpackung und Logistik reichen. In den letzten 30 Jahren hat CHINATUNGSTEN ONLINE mehr als 130.000 Kunden weltweit F&E-, Design- und Produktionsdienstleistungen für über 500.000 Arten von Wolfram- und Molybdänprodukten erbracht und damit den Grundstein für eine maßgeschneiderte, flexible und intelligente Fertigung gelegt. Auf dieser Grundlage vertieft die CTIA GROUP die intelligente Fertigung und integrierte Innovation von Wolfram- und Molybdänmaterialien im Zeitalter des industriellen Internets.

Dr. Hanns und sein Team bei der CTIA GROUP haben auf der Grundlage ihrer mehr als 30-jährigen Branchenerfahrung auch Wissens-, Technologie-, Wolframpreis- und Markttrendanalysen in Bezug auf Wolfram, Molybdän und Seltene Erden verfasst und veröffentlicht und diese frei mit der Wolframindustrie geteilt. Dr. Han verfügt seit den 1990er Jahren über mehr als 30 Jahre Erfahrung im E-Commerce und internationalen Handel mit Wolfram- und Molybdänprodukten sowie in der Entwicklung und Herstellung von Hartmetallen und hochdichten Legierungen und ist ein anerkannter Experte für Wolfram- und Molybdänprodukte im In- und Ausland. Das Team der CTIA GROUP hält sich an das Prinzip, der Branche professionelle und qualitativ hochwertige Informationen zur Verfügung zu stellen, und verfasst kontinuierlich technische Forschungsarbeiten, Artikel und Branchenberichte, die auf der Produktionspraxis und den Bedürfnissen der Marktkunden basieren und in der Branche weithin gelobt werden. Diese Erfolge sind eine solide Unterstützung für die technologische Innovation, die Produktförderung und den Branchenaustausch der CTIA GROUP und machen sie zu einem führenden Unternehmen bei der Herstellung und Information von Wolfram- und Molybdänprodukten.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

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/cm³
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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Verzeichnis

Kapitel 1: Einführung
1.1 Definition und Konzept von Molybdän-Sprühdraht
1.2 Die historische Entwicklung des Molybdän-Sprühdrahtes
1.3 Industrieller Wert und Anwendungsaussichten von Molybdän-Sprühdraht
1.4 Forschung und technischer Stand von Molybdän-Sprühdraht im In- und Ausland

Kapitel 2: Eigenschaften von Molybdän-Sprühdraht
2.1 Physikalische Eigenschaften von Molybdän-Sprühdraht
2.1.1 Schmelzpunkt und Wärmeleitfähigkeit
2.1.2 Dichte und Härte
2.1.3 Thermischer Ausdehnungskoeffizient und thermische Stabilität
2.1.4 Leitfähigkeit und spezifischer Widerstand
2.2 Chemische Eigenschaften von Molybdän-Sprühdraht
2.2.1 Korrosionsbeständigkeit
2.2.2 Oxidationsbeständigkeit
2.2.3 Chemische Inertheit und Reaktivität
2.3 Mechanische Eigenschaften von Molybdän-Sprühdraht
2.3.1 Zugfestigkeit und Streckgrenze
2.3.2 Duktilität und Bruchzähigkeit
2.3.3 Verschleißfestigkeit und Ermüdungseigenschaften
2.4 Leistung der Sprühbeschichtung
2.4.1 Haftung und Haftfestigkeit der Beschichtung
2.4.2 Porosität und Gleichmäßigkeit der Beschichtung
2.4.3 Beständigkeit der Beschichtung gegen hohe Temperaturen und Temperaturschocks
2.4.4 Oberflächenrauheit und Mikrostruktur von Beschichtungen
2.5 Molybdän-Sprühdraht-Sicherheitsdatenblatt von CTIA GROUP LTD

Kapitel 3: Herstellung und Herstellungsprozess von Molybdän-Sprühdraht
3.1 Aufbereitung der Rohstoffe
3.1.1 Technologie zur Aufbereitung und Reinigung von Molybdänerz
3.1.2 Herstellungsprozess von hochreinem Molybdänpulver
3.1.3 Qualitätskontrolle und Prüfung von Molybdänpulver
3.2 Molybdän-Drahtformverfahren
3.2.1 Pulvermetallurgische Formtechnik
3.2.2 Verfahren zum Ziehen von Molybdändraht
3.2.2.1 Drahtziehen mit einer Matrize
3.2.2.2 Kontinuierliches Ziehen von Multimode-Drähten
3.2.3 Glühen und Spannungsabbau von Molybdändraht
3.2.4 Oberflächenreinigung und -politur
3.3 Spezielle Verarbeitung für Molybdän-Sprühdraht
3.3.1 Behandlung der Oberflächenaktivierung

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

3.3.2 Anpassung der Spezifikation
3.3.3 Technologie der Oberflächenmodifizierung
3.4 Sprühprozess
3.4.1 Oberflächenvorbehandlung von Substraten
3.4.1.1 Mechanisches Sandstrahlen
3.4.1.2 Chemische Reinigung
3.4.1.3 Ultraschall-Reinigung
3.4.2 Thermische Spritztechnik
3.4.2.1 Verfahren des Flammspritzens
3.4.2.2 Verfahren des Plasmaspritzens
3.4.2.3 Verfahren des Lichtbogenspritzens
3.4.2.4 Hochgeschwindigkeits-Autogenspritzen (HVOF)
3.4.3 Nachbehandlung
3.4.3.1 Wärmebehandlung und Glühen
3.4.3.2 Beschichten, Polieren und Veredeln
3.4.3.3 Behandlung von Beschichtungsversiegelungen
3.5 Optimierung des Produktionsprozesses
3.5.1 Optimierung und Regelung von Prozessparametern
3.5.2 Qualitätssicherungssystem
3.5.3 Umweltfreundliche Produktion und energiesparende Technologien
3.6 Wichtige technische Punkte
3.6.1 Vorbereitungstechnologie von hochreinem Molybdändraht
3.6.2 Qualitätskontrolle der Spritzbeschichtung
3.6.3 Effizienz und Konsistenz des Sprühens
3.7 Anwendung fortschrittlicher Technologie
3.7.1 Nanometer-Sprühtechnik
3.7.2 Lasergestützte Spritztechnik
3.7.3 Kaltspritz-Technologie
3.7.4 Intelligentes und automatisiertes Sprühsystem
3.8 Technische Herausforderungen und Lösungen
3.8.1 Beschichtung, Ablösen und Reißen
3.8.2 Hochtemperaturoxidation und Leistungsminderung
3.8.3 Gleichgewicht zwischen Produktionskosten und Effizienz
3.8.4 Anpassungsfähigkeit an das Sprühen komplexer Substrate

Kapitel 4: Klassifizierung von Molybdän-Spritzdraht
4.1 Klassifizierung nach Reinheit
4.1.1 Hochreiner Molybdändraht
4.1.2 Dotierter Molybdändraht
4.2 Klassifizierung nach Verwendung
4.2.1 Für industrielles Sprühen
4.2.2 Für funktionale Beschichtungen
4.3 Einteilung nach Sprühverfahren

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

4.3.1 Für das Flammspritzen
4.3.2 Für Lichtbogenspritzen
4.3.3 Für das Plasmaspritzen
4.3.4 Für das Hochgeschwindigkeits-Autogenspritzen (HVOF)
4.3.5 Für Kaltspritzen

Kapitel 5: Verwendung von Molybdän-Sprühdraht
5.1 Bereich der Luft- und Raumfahrt
5.1.1 Turbinenschaufeln und Triebwerkskomponenten
5.1.2 Hochtemperatur-Strukturbauteile und Wärmedämmschichten
5.1.3 Verschleißfeste und korrosionsbeständige Beschichtung für Raumfahrzeuge
5.2 Automobilindustrie
5.2.1 Motorkolben- und Blockbeschichtung
5.2.2 Hochtemperaturbeständige Beschichtung für Abgasanlage
5.2.3 Verschleißfeste Beschichtung für Bremssystem
5.3 Chemie- und Energiewirtschaft
5.3.1 Korrosionsbeständige Rohre und Ventile
5.3.2 Reaktor- und Wärmetauscherbeschichtungen
5.3.3 Beschichtungen für Solar- und Windenergieanlagen
5.4 Elektronik- und Halbleiterindustrie
5.4.1 Heizdraht für die Vakuumbeschichtung
5.4.2 Halbleiterleitungen und -elektroden
5.4.3 Dünnschicht-Beschichtungsbeschichtung
5.5 Medizin- und Biotechnik
5.5.1 Heizelemente für Medizinprodukte
5.5.2 Korrosionsbeständige Beschichtungen für Medizinprodukte
5.6 Weitere Anwendungsbereiche
5.6.1 Korrosionsschutzbeschichtungen für Schiffe und Offshore-Technik
5.6.2 Verschleißfeste Beschichtungen für Baumaschinen
5.6.3 Hochtemperaturöfen und Wärmebehandlungsanlagen

Kapitel 6: Produktionsanlagen für Molybdän-Spritzdraht
6.1 Anlagen zur Verarbeitung von Rohstoffen
6.1.1 Ausrüstung zur Herstellung und Reduktion von Molybdänpulver
6.1.2 Sinteröfen und Schmiedeanlagen
6.2 Produktionsanlagen für Molybdändraht
6.2.1 Drahtziehmaschinen und Matrizen
6.2.2 Glühöfen und Wärmebehandlungsanlagen
6.2.3 Geräte zum Reinigen und Polieren von Oberflächen
6.3 Sprühgeräte
6.3.1 Flammspritzsysteme
6.3.2 Plasmaspritzgeräte
6.3.3 Lichtbogen-Spritzgerät

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

6.3.4 Hochgeschwindigkeits-Autogensprühgeräte (HVOF)
6.4 Hilfs- und Nachbehandlungsgeräte
6.4.1 Ausrüstung zur Vorbehandlung von Substraten
6.4.2 Beschichtungs-Nachbehandlungsanlagen
6.4.3 Online-Detektions- und Überwachungsgeräte
6.5 Automatisierung und intelligente Geräte
6.5.1 Automatische Sprühproduktionslinie
6.5.2 Intelligente Steuerungs- und Datenerfassungssysteme
6.5.3 Roboter-Sprühsysteme

Kapitel 7: In- und ausländische Normen für Molybdän-Spritzdraht
7.1 Inländische Normen
7.1.1 GB/T 4181-2017 "Molybdändraht" und verwandte Anforderungen
7.1.2 GB/T 3462-2017
7.1.3 GB/T 4197-2011
7.1.4 Sonstige einschlägige nationale Normen
7.2 Internationale Normen
7.2.1 NACH ASTM B387-18
7.2.2 ISO 20407 Spezifikation für thermisch gespritzte Materialien
7.2.3 ISO 14919 Draht für thermisches Spritzen
7.2.4 Sonstige internationale Normen
7.3 Industriestandards und Unternehmensspezifikationen
7.3.1 Normen der Nichteisenmetallindustrie
7.3.2 Industriestandards für thermisches Spritzen
7.3.3 Spezifikationen für die interne Qualitätskontrolle
7.4 Standardvergleich und Anwendbarkeitsanalyse
7.4.1 Unterschiede zwischen in- und ausländischen Standards
7.4.2 Standard-Anwendungsszenarien und Auswahl

Kapitel 8: Prüfung und Qualitätskontrolle von Molybdän-Sprühdraht
8.1 Prüfung von Rohstoffen
8.1.1 Analyse der chemischen Zusammensetzung
8.1.2 Detektion von Partikelgröße und Morphologie
8.1.3 Erkennung des Verunreinigungsgehalts
8.2 Qualitätsprüfung von Molybdändraht
8.2.1 Maßhaltigkeit und Toleranz
8.2.2 Erkennung von Oberflächendefekten und Rauheit
8.2.3 Prüfung der mechanischen Eigenschaften
8.3 Inspektion der Spritzbeschichtung
8.3.1 Schichtdicke und Gleichmäßigkeit
8.3.2 Prüfung der Haftfestigkeit der Beschichtung
8.3.3 Gefüge- und Porositätsanalyse
8.3.4 Korrosion und hohe Temperaturbeständigkeit

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

8.3.5 Temperaturschock-Leistung
8.4 Prüftechnik und -ausrüstung
8.4.1 Röntgenfluoreszenz (RFA)
8.4.2 REM- und EDS-Analyse
8.4.3 Härteprüfung (Vickers, Rockwell)
8.4.4 Ultraschall- und Laser-Dickenprüfung
8.4.5 Andere fortschrittliche Nachweistechnologien
8.5 Qualitätsmanagementsystem
8.5.1 Zertifizierung nach ISO 9001
8.5.2 Prüfberichte und Rückverfolgbarkeit
8.5.3 Fehleranalyse und -verbesserung

Kapitel 9: Entwicklungstrend und Zukunftsaussichten
9.1 Technischer Entwicklungstrend
9.1.1 Neue Sprühmaterialien und -verfahren
9.1.2 Intelligente und digitale Produktion
9.1.3 Verbundbeschichtungstechnologie
9.2 Marktnachfrage und Anwendungserweiterung
9.2.1 Potenzial in aufstrebenden Industrien
9.2.2 Analyse des globalen Markttrends
9.3 Umweltschutz und Nachhaltigkeit
9.3.1 Umweltfreundliche Sprühtechnologie
9.3.2 Abfallverwertung und Recycling
9.4 Internationaler technischer Austausch und Zusammenarbeit
9.4.1 Harmonisierung internationaler Normen
9.4.2 Grenzüberschreitende FuE und Zusammenarbeit

Anhang
A. Glossar der Begriffe
B. Verweise

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Kapitel 1 Einleitung

1.1 Definition und Begriff des Molybdän-Spritzdrahtes

1.1.1 Grundlegende Definition von Molybdän-Sprühdraht

Molybdän-Spritzdraht ist ein Metalldrahtmaterial, das speziell im thermischen Spritzverfahren verwendet wird und in der Regel aus hochreinem Molybdän (Molybdän, chemisches Symbol Mo, Ordnungszahl 42) hergestellt wird. Molybdän ist ein Übergangsmetall mit Eigenschaften wie hohem Schmelzpunkt (ca. 2623°C), hoher Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit und hervorragender Wärmeleitfähigkeit, was es zu einem der wichtigen Werkstoffe im Bereich des thermischen Spritzens macht. Thermisches Spritzen ist eine Oberflächentechnik, bei der eine Beschichtungsschicht mit einer bestimmten Funktion erzeugt wird, indem geschmolzenes oder halbgeschmolzenes Material mit hoher Geschwindigkeit auf die Oberfläche eines Substrats gesprüht wird. Als Rohstoff für das thermische Spritzen wird Molybdän-Spritzdraht in der Regel in Form von Lichtbogenspritzen oder Flammspritzen verwendet, und sein Hauptzweck besteht darin, eine Schicht aus verschleißfester, hochtemperatur- oder korrosionsbeständiger Molybdänbeschichtung auf der Oberfläche des Substrats zu bilden.

Die typische Form von Molybdän-Sprühdraht ist ein schlanker Metalldraht, der in der Regel zwischen 1,0 mm und 3,2 mm Durchmesser hat, abhängig von der Sprühausrüstung und den Prozessanforderungen. Der Molybdändraht wird während des Sprühvorgangs durch eine Spritzpistole in einen geschmolzenen oder halbgeschmolzenen Zustand erhitzt und dann durch ein komprimiertes Gas (wie Stickstoff oder Luft) auf das Zielsubstrat beschleunigt, um eine gleichmäßige Beschichtung zu bilden. Solche Beschichtungen weisen typischerweise eine hohe Härte, einen niedrigen Reibungskoeffizienten und eine gute Haftfestigkeit auf, wodurch die Oberflächeneigenschaften des Substrats erheblich verbessert werden können.

1.1.2 Physikalische und chemische Eigenschaften von Molybdän

Die einzigartigen physikalischen und chemischen Eigenschaften von Molybdän sind die Grundlage für seine Verwendung als Beschichtungsmaterial. Molybdän hat eine Dichte von 10,28 g/cm³, was niedriger ist als bei Wolfram (19,25 g/cm³), aber höher als bei vielen gängigen Metallen, wodurch Molybdänbeschichtungen ein gutes Gleichgewicht zwischen Gewicht und Leistung erreichen können. Molybdän hat einen hohen Schmelzpunkt von 2623 °C, der nach Wolfram und Rhenium an zweiter Stelle steht, was es ihm ermöglicht, die strukturelle Stabilität und mechanische Festigkeit bei hohen Temperaturen aufrechtzuerhalten. Darüber hinaus ist Molybdän widerstandsfähiger gegen Säuren, Laugen und bestimmte korrosive Gase als viele andere Metalle, insbesondere in nicht oxidierenden Umgebungen.

Molybdän hat einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten (ca. $4{,}8\times10^{-6}$/K), was bedeutet, dass in Umgebungen mit drastischen Temperaturänderungen weniger thermische Spannungen zwischen der Molybdänbeschichtung und dem Substrat bestehen, wodurch das Risiko von Rissen oder Abblättern der Beschichtung verringert wird. Molybdän hat auch eine gute elektrische und thermische Leitfähigkeit (Wärmeleitfähigkeit von ca. 138 W/m·K), was die Beschichtung aus Molybdän-Sprühdraht vorteilhaft für Anwendungen macht, bei denen eine thermische oder

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

elektrische Leitfähigkeit erforderlich ist. Darüber hinaus ist Molybdän unter bestimmten Bedingungen, insbesondere bei hohen Temperaturen oder im Vakuum, selbstschmierend, was seine Anwendungsszenarien weiter erweitert.

1.1.3 Herstellungsprozess von Molybdän-Sprühdraht

Die Herstellung von Molybdän-Sprühdraht erfordert mehrere Prozesse, um seine hohe Reinheit und gleichbleibende physikalische Eigenschaften zu gewährleisten. Molybdändraht wird in der Regel durch Pulvermetallurgietechnologie hergestellt, und die spezifischen Schritte umfassen:

Extraktion von Molybdänkonzentrat: Molybdänkonzentrat wird aus Molybdänerz (z. B. Molybdänit) gewonnen, um Verunreinigungen durch Flotation und chemische Reinigung zu entfernen.
Herstellung von Molybdänpulver: Molybdänkonzentrat wird geröstet, um Molybdänoxid (MoO_3) herzustellen, und dann wird durch Wasserstoffreduktion hochreines Molybdänpulver erhalten.
Molybdänknüppelbildung: Molybdänpulver wird in einen Stab- oder Plattenrohling gepresst und bei hohen Temperaturen gesintert, um die Dichte zu erhöhen.
Drahtziehen: Durch Warmschmieden, Walzen und mehrfaches Drahtziehen wird der Molybdänknüppel zu Filamenten verarbeitet, um den für das Sprühen erforderlichen Durchmesser und Oberflächenfinish zu erreichen.
Oberflächenbehandlung: Molybdändraht wird gereinigt, geglüht oder dotiert, um seine mechanischen Eigenschaften und seine Sprühwirkung zu optimieren.

Die Reinheit von Molybdändraht muss in der Regel mehr als 99,95 % erreichen, um die Qualität der Spritzbeschichtung zu gewährleisten. Einige Molybdän-Sprühdrähte können mit kleinen Mengen von Elementen (wie Lanthan, Cer oder Kalium) dotiert werden, um ihre Beständigkeit gegen Hochtemperaturoxidation oder Duktilität zu verbessern.

1.1.4 Die Rolle von Molybdän-Spritzdraht beim thermischen Spritzen

Beim thermischen Spritzen wird der Molybdändraht durch Lichtbogenspritz- oder Flammspritzgeräte in die Spritzpistole eingeführt und bildet beim Erhitzen geschmolzene Tröpfchen oder halbgeschmolzene Partikel. Diese Partikel treffen unter Einwirkung von Luftströmungen mit hoher Geschwindigkeit auf die Oberfläche des Substrats, kühlen schnell ab und verfestigen sich und bilden eine dichte Beschichtung. Zu den Hauptfunktionen der Molybdänbeschichtung gehören:

Verschleißschutz: Die hohe Härte der Molybdänbeschichtung (ca. 5,5 auf der Mohs-Skala) macht sie wirksam gegen mechanischen Verschleiß.
Schutz vor hohen Temperaturen: Der hohe Schmelzpunkt von Molybdän macht es für den Einsatz in Komponenten in Hochtemperaturumgebungen geeignet, wie z. B. Turbinenschaufeln von Flugzeugtriebwerken.
Korrosionsschutz: Die Korrosionsbeständigkeit von Molybdän gegenüber bestimmten Chemikalien macht es für den Einsatz in chemischen Geräten oder Meeresumgebungen geeignet.
Selbstschmierende Eigenschaften: Molybdänbeschichtungen können bei hohen Temperaturen oder in Vakuumumgebungen Molybdänoxid (MoO_3) bilden und haben einen niedrigen Reibungskoeffizienten, wodurch sie für den Einsatz in gleitenden Teilen geeignet sind.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

1.1.5 Vergleich von Molybdän-Sprühdraht mit anderen Spritzmaterialien

Im Vergleich zu gängigen Spritzmaterialien wie Nickelbasislegierungen, Wolfram oder Keramik bietet Molybdän-Spritzdraht folgende Vorteile:

Kostengünstig: Molybdän kostet weniger als Wolfram und einige Edelmetalle, hat aber eine ähnliche Leistung und eignet sich für großindustrielle Anwendungen.
Vielseitigkeit: Molybdänbeschichtungen sind beständig gegen Abrieb, hohe Temperaturen und Korrosion und eignen sich für eine Vielzahl von Anwendungen.
Einfache Verarbeitung: Die Duktilität von Molybdändraht macht es einfach, ihn in verschiedene Spezifikationen einzuarbeiten und an eine Vielzahl von Sprühgeräten anzupassen.

Molybdän ist jedoch anfällig für die Bildung flüchtiger Oxide (MoO_3) in oxidierenden Atmosphären, was seine Anwendung in einigen oxidierenden Hochtemperaturumgebungen einschränkt. Im Gegensatz dazu sind keramische Beschichtungen zwar besser in Bezug auf die Oxidationsbeständigkeit, aber sie sind spröder und haben keine so starke Bindungsfestigkeit wie Molybdänbeschichtungen.

1.1.6 Spezifikationen und Klassifizierung von Molybdän-Spritzdraht

Molybdän-Sprühdraht kann je nach Verwendung und Prozessanforderungen in eine Vielzahl von Spezifikationen unterteilt werden, und die gängigen Klassifizierungen umfassen:

Reiner Molybdändraht: ≥ 99,95 % Reinheit, der in Standard-Sprühprozessen verwendet wird.
Dotierter Molybdändraht: Dotiert mit Elementen wie Lanthan (La), Cer (Ce) oder Kalium (K) zur Verbesserung der Oxidationsbeständigkeit oder Duktilität.
Durchmesserklassifizierung: Zu den gängigen Durchmessern gehören 1,0 mm, 1,6 mm, 2,0 mm, 3,2 mm usw., die für verschiedene Sprühgeräte geeignet sind.
Klassifizierung der Oberflächenbehandlung: z. B. schwarzer Molybdändraht (ungereinigt, mit einer Oxidschicht auf der Oberfläche) und weißer Molybdändraht (glänzende Oberfläche nach der Reinigung).

Diese Klassifizierungen ermöglichen es Molybdän-Spritzdraht, die Anforderungen verschiedener industrieller Anwendungen zu erfüllen, wie z. B. Luft- und Raumfahrt, Automobilbau und Energieanlagen.

1.2 Die historische Entwicklung des Molybdän-Sprühdrahtes

1.2.1 Entdeckung und frühe Anwendung von Molybdän

Die Entdeckung von Molybdän geht auf das 18. Jahrhundert zurück. Im Jahr 1778 isolierte der schwedische Chemiker Carl Wilhelm Scheele erstmals Molybdänoxid aus Molybdänit und nannte es "Molybdän" (abgeleitet vom griechischen Wort "molybdos", was eine bleiähnliche Substanz bedeutet). Im Jahr 1781 stellte der schwedische Chemiker Peter Jacob Hjelm erstmals Molybdänmetall durch Kohlenstoffreduktion her und legte damit den Grundstein für die industrielle Anwendung von Molybdän.

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Ende des 19. Jahrhunderts wurde Molybdän als Legierungselement in der Stahlindustrie verwendet, um die Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit von Stahl zu verbessern. Aufgrund der Einschränkungen der Molybdänreinigungs- und -aufbereitungstechnologie ist ihr Anwendungsbereich jedoch relativ eng und hauptsächlich auf den metallurgischen Bereich beschränkt. Bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts wurde mit dem Fortschritt der Pulvermetallurgie und der Drahtziehtechnologie die Herstellung von Molybdändraht möglich, wodurch die Bedingungen für seine Anwendung im Bereich des Sprühens geschaffen wurden.

1.2.2 Ursprung der thermischen Spritztechnologie

Die Technologie des thermischen Spritzens hat ihren Ursprung im frühen 20. Jahrhundert. Im Jahr 1910 erfand der Schweizer Ingenieur Max Ulrich Schoop die Flammspritztechnik, bei der Metallpulver oder Draht geschmolzen und durch Verbrennen von brennbarem Gas auf die Oberfläche des Substrats gesprüht wurde. Das Aufkommen dieser Technologie bietet die Möglichkeit für die Anwendung von Molybdän-Sprühdraht. In den 1920er Jahren wurde die Lichtbogenspritztechnologie eingeführt, bei der ein Lichtbogen zum Erhitzen von Draht verwendet wurde, um geschmolzene Tröpfchen zu erzeugen, wodurch die Sprüheffizienz und die Beschichtungsqualität weiter verbessert wurden.

Beim frühen thermischen Spritzen wurden hauptsächlich schmelzbare Metalle wie Zink und Aluminium für Korrosionsschutzbeschichtungen verwendet. Da es sich um ein Metall mit hohem Schmelzpunkt handelt, begann die Anwendung von Molybdän beim thermischen Spritzen spät, und erst in der Mitte des 20. Jahrhunderts, mit der Entwicklung von Superlegierungen und der Luft- und Raumfahrtindustrie, erregte die Sprühanwendung von Molybdändraht allmählich Aufmerksamkeit.

1.2.3 Frühe Entwicklung des Molybdän-Sprühdrahtes

In den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts begann Molybdän-Spritzdraht im industriellen Bereich aufzutauchen. Die Luft- und Raumfahrtindustrie in den USA war Vorreiter bei der Anwendung von Molybdänbeschichtungen auf Turbinenschaufeln und Brennkammerkomponenten, um hohe Temperaturen und Verschleißprobleme zu bekämpfen. Der hohe Schmelzpunkt und die Verschleißfestigkeit von Molybdän machen es zu einem idealen Beschichtungsmaterial, insbesondere in Gasturbinen und Düsentriebwerken. Gleichzeitig begann die Industrie in Europa und Japan, sich mit der Anwendung des Molybdändrahtspritzens im Maschinenbau zu beschäftigen, etwa für verschleißfeste Beschichtungen für Kolbenringe und Lager.

In dieser Zeit war die Aufbereitungstechnik von Molybdän-Spritzdraht noch relativ rau und die Reinheit und Oberflächenqualität von Molybdändraht instabil, was zu großen Schwankungen der Beschichtungseigenschaften führte. In den 1960er Jahren wurde mit Fortschritten im Vakuumschmelzen und in der Wasserstoffreduktionstechnologie die Reinheit von Molybdändraht erheblich verbessert und die Haftfestigkeit und Haltbarkeit von Sprühbeschichtungen verbessert.

1.2.4 Entwicklung der modernen Molybdän-Sprühdrahttechnologie

Nach den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts trat die Technologie des thermischen Spritzens in eine rasante Entwicklung ein. Das Aufkommen des Plasmaspritzens und des Hochgeschwindigkeits-

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Flammspritzens (HVOF) hat die Qualität von Spritzbeschichtungen erheblich verbessert, so dass Molybdänbeschichtungen in anspruchsvolleren Umgebungen eingesetzt werden können. Beispielsweise kann durch das Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen eine dichtere Molybdänbeschichtung erzeugt, die Porosität reduziert und die Haftfestigkeit der Beschichtung mit dem Substrat verbessert werden.

Im gleichen Zeitraum gelang ein Durchbruch in der Dotierungstechnologie von Molybdändraht. Molybdändraht, dotiert mit Lanthan oder Cer, weist eine bessere Oxidationsbeständigkeit und Duktilität in Hochtemperaturumgebungen auf, wodurch sich das Anwendungsgebiet von Molybdän-Sprühdraht erweitert. In den 1980er Jahren wurde Molybdän-Sprühdraht in der Automobilindustrie in großem Umfang zur Herstellung verschleißfester Kolbenringe und Synchronringe verwendet, wodurch die Lebensdauer von Teilen erheblich verlängert wurde.

1.2.5 Die Entwicklung von Molybdän-Sprühdraht in China

Chinas Molybdänindustrie hat spät angefangen, aber sie entwickelt sich rasant. In den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts begann China, Molybdänum aus Molybdänit zu extrahieren und baute nach und nach Produktionskapazitäten für Molybdändraht auf. In den 1980er Jahren, mit dem Fortschreiten der Reform und Öffnung sowie der industriellen Modernisierung, begannen Chinas Molybdänproduktunternehmen, ausländische fortschrittliche Drahtzieh- und Sprühgeräte einzuführen, und die Produktion und Anwendung von Molybdän-Sprühdraht trat in eine Phase der schnellen Entwicklung ein.

In den 1990er Jahren wurde China zum weltweit größten Produzenten von Molybdän, und die Produktionstechnologie für Molybdändraht reifte allmählich heran. Durch technologische Innovation haben Chinas große Unternehmen für Molybdänprodukte hochreinen Molybdändraht und dotierten Molybdändraht entwickelt, um den Anforderungen des in- und ausländischen Sprühmarktes gerecht zu werden. Nach dem Jahr 2000 wurde Chinas Molybdän-Spritzdraht nach Europa, Amerika und Südostasien exportiert und wurde zu einem wichtigen Bestandteil der globalen Lieferkette für Molybdänprodukte.

1.2.6 Meilensteine in der Beschichtung von Molybdändraht

1910: Die Technologie des thermischen Spritzens wird erfunden und legt damit den Grundstein für die Anwendung von Molybdän-Spritzdraht.
1950er Jahre: Das Spritzen von Molybdändraht wird erstmals in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt.
1970er Jahre: Plasmaspritzen und Hochgeschwindigkeits-Flammspritztechnologien führen zu einer verbesserten Leistung der Molybdänbeschichtung.
1980er Jahre: Entwicklung von dotiertem Molybdändraht zur Verbesserung der Oxidationsbeständigkeit von Beschichtungen.
Nach dem Jahr 2000 wurde China zu einem wichtigen Standort für die weltweite Produktion von Molybdändraht und die Sprühtechnologie.

1.3 Industrieller Wert und Anwendungsaussichten von Molybdän-Sprühdraht

1.3.1 Industriewert von Molybdän-Sprühdraht

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Als Kernmaterial in der thermischen Spritztechnik spiegelt sich der industrielle Wert von Molybdän-Spritzdraht in seinen einzigartigen physikalischen und chemischen Eigenschaften, einer Vielzahl von Anwendungsszenarien und seinem Beitrag zur Effizienz und Nachhaltigkeit der modernen Industrie wider. Der hohe Schmelzpunkt, die hohe Härte, die Korrosionsbeständigkeit und die selbstschmierenden Eigenschaften von Molybdän machen es im Bereich der Oberflächentechnik unersetzlich. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Analyse des industriellen Wertes aus mehreren Dimensionen.

1.3.1.1 Verbesserung der Haltbarkeit und Lebensdauer von Komponenten

Die aus Molybdän-Sprühdraht gebildete Beschichtung verlängert mit ihrer hohen Härte (ca. 5,5-6,0 auf der Mohs-Skala) und Verschleißfestigkeit die Lebensdauer mechanischer Bauteile erheblich. In der Automobilindustrie beispielsweise sind Kolbenringe und Synchronringe kritische Komponenten in Motoren und Getrieben, die über lange Zeiträume hochfrequenter Reibung und hohen Temperaturen ausgesetzt sind. Während herkömmliche unbeschichtete Kolbenringe bei hohen Belastungen über Tausende von Stunden verschleißen können, können molybdänbeschichtete Kolbenringe ihre Lebensdauer um den Faktor 2-3 verlängern, wobei einige Fälle eine Lebensdauer von mehr als 100.000 km aufweisen. Diese erhöhte Haltbarkeit reduziert direkt die Wartungskosten und die Ausfallzeiten der Ausrüstung.

Darüber hinaus sind Molybdänbeschichtungen aufgrund ihrer Stabilität in Hochtemperaturumgebungen für die Luft- und Raumfahrtindustrie von großem Wert. Zum Beispiel werden die Turbinenschaufeln von Gasturbinen in Verbrennungsumgebungen von mehr als 1000 °C betrieben, und Molybdänbeschichtungen sind wirksam gegen thermische Ermüdung und Verschleiß beständig und verlängern die Lebensdauer der Schaufeln. Branchendaten zufolge kann das Wartungsintervall von molybdänbeschichteten Turbinenschaufeln um 20 % bis 30 % verlängert werden, wodurch die Kosten für den gesamten Lebenszyklus von Triebwerken erheblich gesenkt werden.

1.3.1.2 Verbesserung der Effizienz des Gerätebetriebs

Der niedrige Reibungskoeffizient (unter bestimmten Bedingungen bis zu 0,1-0,2) von Molybdänbeschichtungen macht sie selbstschmierend, was die Reibungsverluste in mechanischen Komponenten erheblich reduzieren und somit die Betriebseffizienz von Geräten verbessern kann. In der Automobilindustrie kann der Einsatz von molybdänbeschichteten Kolbenringen den Reibungsstromverbrauch im Motor reduzieren und die Kraftstoffeffizienz um etwa 1 % bis 2 % verbessern. Ausgehend von der weltweiten Jahresproduktion von 80 Millionen Fahrzeugen können jedes Jahr Millionen Tonnen Kraftstoff eingespart werden, wenn 10 % des Motors mit molybdänbeschichteten Kolbenringen verwendet werden, und die wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile sind erheblich.

In der Luft- und Raumfahrt werden Molybdänbeschichtungen in den Brennkammern und Düsen von Düsentriebwerken eingesetzt, um den Materialverlust bei hohen Temperaturen zu reduzieren und einen stabilen Schub zu gewährleisten. Studien haben gezeigt, dass der thermische Wirkungsgrad von molybdänbeschichteten Brennkammern um etwa 0,5 % verbessert werden kann,

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

was in der Luft- und Raumfahrt wichtig ist, da bereits kleine Effizienzgewinne den Kraftstoffverbrauch und die Betriebskosten erheblich senken können.

1.3.1.3 Produktions- und Wartungskosten senken

Im Vergleich zu Metall- oder Keramikbeschichtungen mit hohem Schmelzpunkt wie Wolfram und Rhenium hat Molybdän ein höheres Preis-Leistungs-Verhältnis. Die weltweiten Reserven an Molybdän sind relativ reichhaltig (etwa 25 Millionen Tonnen, davon mehr als 50 % auf China), und die Reinigungs- und Verarbeitungskosten sind niedriger als die von Wolfram (etwa 1/2-1/3). Die Kosten für Molybdän-Spritzdraht betragen etwa 50 bis 100 US-Dollar pro Kilogramm, während die Kosten für Wolframdraht mehr als 200 US-Dollar erreichen können. Dies macht Molybdän-Beschichtungen für großindustrielle Anwendungen wirtschaftlich vorteilhafter.

Darüber hinaus sind die restaurativen Eigenschaften von Molybdänbeschichtungen einer der wichtigen Werte. Abgenutzte Molybdänbeschichtungen können durch erneutes Sprühen repariert werden, ohne das gesamte Teil auszutauschen. Bei der Lagerreparatur von schweren Maschinen kann beispielsweise das Aufbringen einer Molybdänbeschichtung die Reparaturkosten um mehr als 50 % senken und gleichzeitig Ausfallzeiten reduzieren. Dieser restaurative Charakter ist besonders wichtig in der Bergbau-, Stahl- und Energieindustrie, wo der Austausch großer Geräte kostspielig und zeitaufwändig ist.

1.3.1.4 Erfüllung der Anforderungen des Umweltschutzes und der nachhaltigen Entwicklung

Molybdän ist ein ungiftiges und umweltfreundliches Metallmaterial, das die Anforderungen der EU-RoHS-Richtlinie und der REACH-Verordnung erfüllt. Im Vergleich zu herkömmlichen Beschichtungen auf Blei- oder Cadmiumbasis setzen Molybdänbeschichtungen bei der Herstellung und Verwendung keine Schadstoffe frei und sind für die Umwelt und die menschliche Gesundheit unbedenklich. Darüber hinaus reduziert die Langlebigkeit der Molybdänbeschichtung die Häufigkeit des Austauschs von Teilen, wodurch der Ressourcenverbrauch und die Abfallerzeugung im Einklang mit dem Konzept der umweltfreundlichen Fertigung reduziert werden.

In Bezug auf die Energieeffizienz reduzieren die selbstschmierenden Eigenschaften von Molybdänbeschichtungen den Einsatz von Schmierölen. In Automobilmotoren können beispielsweise molybdänbeschichtete Kolbenringe den Schmierstoffverbrauch um etwa 10 Prozent senken und so die Kosten für die Altölentsorgung senken. Dies ist von großer Bedeutung für die weltweite Förderung einer kohlenstoffarmen Wirtschaft und einer Kreislaufwirtschaft.

1.3.1.5 Förderung von industrieller Intelligenz und Effizienz

Mit dem Fortschreiten von Industrie 4.0 steigt die Nachfrage nach Hochleistungswerkstoffen für die intelligente Fertigung. Die präzise Verarbeitung und Gleichmäßigkeit der Beschichtung des Molybdän-Sprühdrahtes ermöglicht es, die Anforderungen der Präzisionsfertigung zu erfüllen. In Robotergelenken und Hochgeschwindigkeits-Schneidwerkzeugen können Molybdänbeschichtungen beispielsweise die Reibung und den Wärmestau reduzieren und so die Bewegungsgenauigkeit und die Standzeit der Werkzeuge verbessern. Studien haben gezeigt, dass die Lebensdauer von molybdänbeschichteten Schneidwerkzeugen um 30 % bis 50 % verlängert

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

werden kann, was in automatisierten Produktionslinien erhebliche Vorteile mit sich bringt.

Darüber hinaus machen die Leitfähigkeit der Molybdänbeschichtung (spezifischer Widerstand ca. $5{,}5\times10^{-8}$ Ω ηm) und die Wärmeleitfähigkeit (ca. 138 W/m·K) sie einzigartig in Elektronik- und Energiegeräten. In Halbleiterfertigungsanlagen können beispielsweise Molybdänbeschichtungen für Elektroden und wärmeleitende Komponenten verwendet werden, um die Stabilität und Wärmeableitungseffizienz der Geräte zu verbessern.

1.3.2 Hauptanwendungsbereiche

Die Beschichtung von Molybdän-Sprühdraht ist aufgrund ihrer Vielseitigkeit in vielen Industriebereichen weit verbreitet, und im Folgenden finden Sie eine detaillierte Analyse ihrer Hauptanwendungsszenarien:

1.3.2.1 Luft- und Raumfahrt

Die Luft- und Raumfahrt ist eines der wichtigsten Anwendungsgebiete für Molybdän-Spritzdraht. Molybdän-Beschichtungen werden vor allem für Hochtemperaturbauteile wie Turbinenschaufeln, Brennkammern, Düsen und Leitschaufeln eingesetzt. In den Turbofan-Triebwerken der Boeing 737 und des Airbus A320 werden beispielsweise Molybdänbeschichtungen eingesetzt, um Turbinenschaufeln vor Verschleiß zu schützen und eine stabile Leistung über 1200 °C aufrechtzuerhalten. Der Wärmeausdehnungskoeffizient der Molybdänbeschichtung (ca. $4{,}8\times10^{-6}$/K) liegt nahe an dem von Nickelbasis-Superlegierungen, wodurch die durch thermische Belastung verursachte Abplatzung der Beschichtung reduziert wird.

Darüber hinaus werden Molybdänbeschichtungen auch in thermischen Schutzsystemen von Raumfahrzeugen eingesetzt. Zum Beispiel sind einige Teile des Starship von SpaceX mit Molybdän beschichtet, um der extremen Hitze beim Wiedereintritt standzuhalten. Studien haben gezeigt, dass Molybdänbeschichtungen aufgrund ihrer selbstschmierenden Eigenschaften in einer Vakuumumgebung besonders gut für gleitende Teile von Raumfahrzeugen geeignet sind, wie z. B. Antriebsmechanismen von Satellitenantennen.

1.3.2.2 Automobilindustrie

Die Automobilindustrie ist einer der größten Märkte für Molybdän-Spritzdraht, wobei etwa 30 % des weltweiten Molybdän-Spritzdrahts für die Herstellung von Automobilteilen verwendet werden. Molybdän-Beschichtungen werden vor allem in Bauteilen wie Kolbenringen, Synchronringen, Kurbelwellen und Ventilen eingesetzt. So hat der Volkswagen Konzern in seinen TSI-Motoren in großem Umfang molybdänbeschichtete Kolbenringe eingesetzt, um die Kraftstoffeffizienz und Haltbarkeit zu verbessern. Die Daten zeigen, dass molybdänbeschichtete Kolbenringe die Reibungsverluste um etwa 15 % reduzieren können, was die Motorleistung erheblich verbessert.

Darüber hinaus hat die Molybdänbeschichtung auch Potenzial im Bereich der New Energy Vehicles. So können beispielsweise Motorlager und Getriebe in Elektrofahrzeugen mit Molybdän beschichtet werden, um die Verschleißfestigkeit und Wärmeleitfähigkeit zu verbessern und die Lebensdauer zu verlängern. Es wird geschätzt, dass bis 2030 die weltweite Produktion von Fahrzeugen mit neuem

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Antrieb 30 Millionen überschreiten wird und die Marktnachfrage nach Molybdänbeschichtungen weiter steigen wird.

1.3.2.3 Energieanlagen

Im Energiesektor werden Molybdänbeschichtungen häufig in Kesseln, Wärmetauschern, Gasturbinen und Kernkraftwerken verwendet. In den Kesselrohren von Kohlekraftwerken sind Molybdänbeschichtungen beispielsweise in der Lage, Hochtemperaturkorrosion und Abrieb zu widerstehen, wodurch die Lebensdauer der Rohre um etwa das 2-fache verlängert wird. In der Kernenergie werden Molybdänbeschichtungen in den Strahlenschutzkomponenten von Reaktoren verwendet und absorbieren Neutronenstrahlung aufgrund ihrer hohen Dichte (10,28 g/cm³) und ihrer Ungiftigkeit effektiv.

Auch Anlagen für erneuerbare Energien sind ein wichtiges Anwendungsgebiet für Molybdänbeschichtungen. So reduziert die Molybdänbeschichtung auf der Getriebeoberfläche des Getriebes der Windkraftanlage den Verschleiß und die Schmierung und senkt die Wartungskosten. Da die weltweit installierte Windkraftkapazität bis 2024 1.000 GW übersteigt, wächst die Nachfrage nach Molybdänbeschichtungen in Windkraftanlagen weiter.

1.3.2.4 Maschinenbau

Im Maschinenbau werden Molybdän-Beschichtungen zum Oberflächenschutz von Lagern, Zahnrädern, Formen und Schneidwerkzeugen eingesetzt. In Bergbaumaschinen können molybdänbeschichtete Bohrer beispielsweise die Lebensdauer um mehr als 50 % verlängern und die Häufigkeit des Gerätewechsels reduzieren. In Spritzgießwerkzeugen kann eine Molybdänbeschichtung die Haftung von Formen an Kunststoffen verringern, die Effizienz der Formtrennung und die Oberflächenqualität des Produkts verbessern.

1.3.2.5 Chemie- und Meerestechnik

Die Korrosionsbeständigkeit von Molybdänbeschichtungen macht sie weit verbreitet in chemischen Anlagen und in der Offshore-Technik. In petrochemischen Reaktoren beispielsweise sind Molybdänbeschichtungen beständig gegen saure Gase und Hochtemperaturkorrosion, was die Lebensdauer der Anlagen verlängert. In Offshore-Plattformen und Schiffsausrüstungen schützen Molybdän-Beschichtungen Stahlkonstruktionen vor Meerwasserkorrosion und eignen sich besonders für den Einsatz in Rohren und Ventilen auf Tiefsee-Bohrplattformen.

1.3.2.6 Medizin- und Elektronikindustrie

Im medizinischen Bereich werden Molybdänbeschichtungen aufgrund ihrer Ungiftigkeit und hohen Dichte in strahlenabschirmenden Komponenten von Röntgengeräten und CT-Geräten eingesetzt. So werden beispielsweise in CT-Scannern von Siemens Healthineers Molybdänbeschichtungen eingesetzt, um Strahlung abzuschirmen und die Bildqualität sowie Patientensicherheit zu gewährleisten. In der Elektronikindustrie werden Molybdänbeschichtungen in den thermisch und elektrisch leitfähigen Teilen von Halbleiterfertigungsanlagen, wie z. B. den Elektroden von Plasmaätzmaschinen, verwendet, und ihre Wärmeleitfähigkeit kann die Wärmeableitungseffizienz der Anlage um etwa 20 % verbessern.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

1.3.3 Anwendungsaussichten und Markttrends

1.3.3.1 Potenziale im Bereich der neuen Energie

Mit der globalen Energiewende wächst die Nachfrage nach Hochleistungsbeschichtungen für neue Energieanlagen rasant. Molybdänbeschichtungen haben eine vielversprechende Zukunft in Wind-, Kernkraft- und Solaranlagen. So reduziert beispielsweise eine Molybdänbeschichtung auf der Getriebeoberfläche von Getrieben in Windkraftanlagen den Verschleiß und verbessert den Wirkungsgrad des Getriebes. Im Bereich der Kernenergie können Molybdänbeschichtungen in den Brennstabschalen von Kernreaktoren der Generation IV eingesetzt werden, um hohen Temperaturen und Strahlenschäden standzuhalten. Es wird geschätzt, dass der globale Markt für neue Energieanlagen bis 2030 1,5 Billionen US-Dollar überschreiten wird und die Nachfrage nach Molybdänbeschichtungen mit einer durchschnittlichen jährlichen Rate von 6 % wachsen wird.

1.3.3.2 Smart Manufacturing und Industrie 4.0

Industrie 4.0 legt den Schwerpunkt auf Intelligenz, Automatisierung und hohe Effizienz, und die Anwendungsaussichten der Molybdänbeschichtung in der Präzisionsfertigung sind erheblich. In Robotergelenken beispielsweise reduzieren Molybdänbeschichtungen die Reibung und den Wärmestau und verbessern so die Bewegungsgenauigkeit und Langlebigkeit. In 3D-Druckgeräten sind molybdänbeschichtete Düsen in der Lage, dem Verschleiß von Hochtemperaturschmelzen zu widerstehen und deren Lebensdauer zu verlängern. Es wird erwartet, dass der globale Markt für intelligente Fertigung bis 2028 ein Volumen von 500 Milliarden US-Dollar erreichen wird, und Molybdänbeschichtungen werden als Schlüsselmaterial davon profitieren.

1.3.3.3 Schiffstechnik und umweltfreundliche Schiffe

Die Nachfrage nach korrosionsbeständigen Beschichtungen in der Offshore-Technik steigt. Molybdänbeschichtungen werden häufig in Tiefseebohrplattformen, Offshore-Windkraftanlagen und umweltfreundlichen Schiffen eingesetzt. Molybdänbeschichtungen können beispielsweise verwendet werden, um die Oberfläche von Schiffspropellern zu schützen, die Korrosion im Meerwasser und die biologische Adhäsion zu reduzieren und die Antriebseffizienz zu verbessern. Es wird erwartet, dass der globale Offshore-Markt bis 2030 ein Volumen von 200 Milliarden US-Dollar erreichen wird, und Molybdänbeschichtungen werden eine wichtige Lösung sein.

1.3.3.4 Medizin und Biotechnologie

Die Ungiftigkeit und Biokompatibilität von Molybdänbeschichtungen verleihen ihnen Potenzial für medizinische Geräte. Bei orthopädischen Implantaten können Molybdänbeschichtungen beispielsweise die Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit der Implantate verbessern und deren Lebensdauer verlängern. Darüber hinaus nimmt der Einsatz von Molybdänbeschichtungen in zahnärztlichen Instrumenten und chirurgischen Instrumenten allmählich zu. Es wird erwartet, dass der globale Markt für Medizinprodukte bis 2027 ein Volumen von 600 Milliarden US-Dollar erreichen wird, und die Nachfrage nach Molybdänbeschichtungen wird weiter wachsen.

1.3.3.5 Marktgröße und wirtschaftlicher Nutzen

Branchendaten zufolge wird die globale Größe des Molybdänmarktes im Jahr 2024 etwa 5 Milliarden US-Dollar betragen, wovon etwa 10 % des Anteils auf Molybdän-Spritzdraht entfallen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Es wird erwartet, dass der Markt für Molybdän-Spritzdraht bis 2030 mit einer durchschnittlichen jährlichen Rate von 5,5 % auf 800 Millionen US-Dollar wachsen wird. Als weltweit größter Molybdänproduzent macht China mehr als 50 % der weltweiten Produktion aus, und viele chinesische Unternehmen sind durch technologische Innovation und Großproduktion zu wichtigen Lieferanten des globalen Molybdän-Spritzdrahtmarktes geworden.

1.3.4 Fallstudie

1.3.4.1 Fall Luft- und Raumfahrt: GE Aviation

General Electric (GE) Aviation setzt in seinen GEnx-Triebwerken in großem Umfang Molybdän-Beschichtungen für den Verschleißschutz von Turbinenschaufeln ein. Im Boeing 787 Dreamliner kommen GEnx-Triebwerke zum Einsatz, und die Molybdänbeschichtung hält die Turbinenschaufeln in Hochtemperatur- und Hochdruckumgebungen stabil und verlängert die Wartungsintervalle um 25 Prozent. Diese Anwendung spart GE Aviation jedes Jahr Hunderte von Millionen Dollar an Wartungskosten.

1.3.4.2 Fall für die Automobilindustrie: Volkswagen

Volkswagen verwendet in seinem 1,4-Liter-TSI-Motor molybdänbeschichtete Kolbenringe, die die Kraftstoffeffizienz und Haltbarkeit deutlich verbessern. Tests haben gezeigt, dass molybdänbeschichtete Kolbenringe die Reibungsverluste um 15 % reduzieren und die Lebensdauer des Motors auf mehr als 150.000 km verlängern. Diese Technologie wurde in mehreren Modellen des Volkswagen Konzerns eingeführt, die weltweit jährlich mehr als 5 Millionen Einheiten produzieren.

1.3.4.3 Fall Energieanlagen: Windkraft von Siemens

Siemens Gamesa verwendet in seinen Offshore-Windgetrieben eine Molybdänbeschichtung, um den Getriebeverschleiß und den Schmierstoffverbrauch zu reduzieren. Tests haben eine um 40 % längere Lebensdauer und eine Reduzierung der Wartungskosten um 30 % bei molybdänbeschichteten Zahnrädern gezeigt. Diese Technologie wurde bei mehreren Offshore-Windprojekten auf der ganzen Welt eingesetzt.

1.4 Forschung und technischer Stand des Molybdän-Spritzdrahtes im In- und Ausland

1.4.1 Aktueller Stand der inländischen Forschung

Als weltweit größter Molybdänproduzent (etwa 150.000 Tonnen im Jahr 2024, was 50 % des weltweiten Gesamtvolumens entspricht) hat China erhebliche Vorteile bei der Forschung und Entwicklung sowie bei der Anwendung von Molybdän-Spritzdraht. Inländische Forschungseinrichtungen und Unternehmen haben wichtige Fortschritte bei der Herstellung von Molybdändraht, der Optimierung des Sprühprozesses und der Verbesserung der Beschichtungsleistung erzielt. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Analyse des aktuellen Forschungsstandes in China:

1.4.1.1 Wichtige Forschungseinrichtungen

Institut für Metallforschung, Chinesische Akademie der Wissenschaften: Das Oberflächentechnik-Team des Instituts konzentriert sich auf die Erforschung von Molybdän-basierten Beschichtungen

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

und hat eine mit Lanthan (La) und Cer (Ce) dotierte Technologie zur Herstellung von Molybdändraht entwickelt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Oxidationsbeständigkeit von Molybdändraht, der mit 1 % Lanthan dotiert ist, in einer oxidierenden Atmosphäre bei 1000 °C um 30 % erhöht und die Lebensdauer der Beschichtung um 50 % verlängert wird. Darüber hinaus untersuchte das Institut die Mikrostruktur von Molybdänschichten und verbesserte die Härte und Haftfestigkeit der Beschichtungen durch Kontrolle der Korngröße (10-50nm).

Universität für Wissenschaft und Technologie Peking: Die School of Materials Science and Engineering an derselben Universität hat die Auswirkungen des Plasmaspritzens und der Hochgeschwindigkeits-Flammspritztechnologie (HVOF) auf die Leistung von Molybdänbeschichtungen untersucht. Die experimentellen Ergebnisse zeigen, dass die Porosität der durch das HVOF-Verfahren gebildeten Molybdänbeschichtung auf weniger als 1 % reduziert wird und die Bindungsfestigkeit 80 MPa erreicht, was deutlich besser ist als die des herkömmlichen Lichtbogenspritzens (die Porosität beträgt etwa 5 % und die Bindungsfestigkeit etwa 50 MPa).

Tsinghua University: Das Department of Materials der Tsinghua University hat eine Kaltspritztechnologie für die Herstellung von Molybdänbeschichtungen entwickelt, die durch Partikelaufprall mit ultrahoher Geschwindigkeit Schichten mit hoher Dichte bilden, wodurch thermische Spannungen und Oxidbildung reduziert werden. Kaltspritz-Molybdän-Beschichtungen sind bis zu einer Härte von HV800 für hochpräzise Bauteilanwendungen erhältlich.

1.4.1.2 Großunternehmen

CTIA GROUP LTD.: Als führendes Unternehmen für Molybdänprodukte in China konzentriert sich Chinatungsten Online auf die Herstellung von hochreinem Molybdändraht (Reinheit ≥99,95%) und bietet Molybdän-Sprühdraht mit einem Durchmesser von 1,0-3,2 mm.

1.4.1.3 Forschungsschwerpunkte

Dotierungstechnologie: Dotierung von Seltenerdelementen oder Alkalimetallen (z. B. Kalium) zur Verbesserung der Oxidationsbeständigkeit bei hohen Temperaturen und der mechanischen Eigenschaften von Molybdändraht. So reduziert beispielsweise Molybdändraht, der mit 0,8 % Cer dotiert ist, die Oxidationsrate bei 1200 °C um 40 %.

Optimierung des Spritzprozesses: Das Plasmaspritzen und die Optimierung von HVOF-Prozessparametern, wie z. B. Sprühabstand (100-150 mm), Gasdurchfluss (50-80 l/min) und Stromstärke (400-600 A), werden untersucht, um die Schichtporosität zu reduzieren und die Haftfestigkeit zu verbessern.

Umweltfreundliche Fertigung: Entwicklung von energiesparenden Sprühgeräten und umweltfreundlichen Molybdänbeschichtungsverfahren, um die Abgasemissionen und den Energieverbrauch im Sprühprozess zu reduzieren. So können beispielsweise durch den Einsatz von Stickstoff anstelle von Argon als Sprühgas die Kosten um ca. 15 % gesenkt werden.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

1.4.1.4 Anwendungsfälle

Hochgeschwindigkeits-Schienenbremssystem: Die EMU-Bremsscheibe von CRRC verfügt über eine Molybdänbeschichtung, die die Verschleißfestigkeit und die Hochtemperaturbeständigkeit um 50 % verbessert und die Lebensdauer der Bremsscheibe auf 10 Jahre verlängert.

Petrochemische Ausrüstung: Sinopec trug eine Molybdänbeschichtung auf die Pipeline der katalytischen Crackanlage auf, um der Korrosion von Sauergas zu widerstehen, und die Lebensdauer der Pipeline wurde um das 3-fache verlängert.

1.4.2 Aktueller Stand der ausländischen Forschung

Die Erforschung und Anwendung von Molybdän-Spritzdraht im Ausland begann früher, insbesondere in den Vereinigten Staaten, Deutschland und Japan, und die damit verbundene Technologie nimmt weltweit eine führende Position ein. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Analyse des aktuellen Forschungsstandes im Ausland:

1.4.2.1 Große Forschungseinrichtungen und Unternehmen

Praxair, USA: Praxair, ein weltweit führendes Unternehmen im Bereich der thermischen Spritztechnologie, hat ein Plasmaspritzsystem entwickelt, das in der Lage ist, Molybdänbeschichtungen mit einer Porosität von weniger als 0,5 % und einer Haftfestigkeit von bis zu 100 MPa herzustellen. Das Unternehmen hat Molybdän-basierte Verbundschichten untersucht, um die Härte und Verschleißfestigkeit der Beschichtung durch Zugabe von Keramikpartikeln wie Al_2O_3 zu verbessern.

Höganäs, Deutschland: Höganäs konzentriert sich auf die Entwicklung von Verbundbeschichtungen auf Molybdänbasis und erforscht ein hybrides Sprühverfahren aus Molybdän- und Nickelbasislegierungen, um Beschichtungen zu bilden, die sowohl verschleißfest als auch korrosionsbeständig sind. Die Produkte des Unternehmens werden in Europa häufig auf dem Automobil- und Energieausrüstungsmarkt eingesetzt.

Toshiba aus Japan: Toshiba hat die Hochtemperatur-Oxidationsbeständigkeit von Molybdänbeschichtungen in der Luft- und Raumfahrt untersucht und Molybdändraht entwickelt, der mit Yttrium (Y) dotiert ist und die Oxidationsbeständigkeit bei 1300 °C um 40 % verbessert. Die Molybdänbeschichtung von Toshiba wird in der Brennkammer von Gasturbinen eingesetzt und verlängert die Lebensdauer der Komponenten um etwa 30 %.

Massachusetts Institute of Technology (MIT): Das Materials Science Laboratory des MIT hat die Herstellung von nanoskaligen Molybdänbeschichtungen untersucht, um die Härte (HV900) und Verschleißfestigkeit zu verbessern, indem die Korngröße der Beschichtung (5-20 nm) gesteuert wird. Nano-Molybdän-Beschichtungen werden häufig in Halbleiteranlagen eingesetzt.

1.4.2.2 Forschungsschwerpunkte

Verbundbeschichtungen: Forschung an Verbundbeschichtungen aus Molybdän mit Keramiken (z.B. ZrO_2, Al_2O_3) oder Metallen (z.B. Ni, Cr) zur Verbesserung der Vielseitigkeit von Beschichtungen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

So können Molybdän-Al_2O_3-Verbundschichten eine Härte von HV1000 und eine um 50 % höhere Verschleißfestigkeit erreichen.

Nanobeschichtung: Die nanoskalige Molybdänbeschichtung wird durch Kaltspritzen und lasergestützte Sprühtechnologie hergestellt, um die Porosität und Oberflächenrauheit (Ra≤0,1 μm) zu reduzieren und die Beschichtungsleistung zu verbessern.

Intelligentes Sprühen: Entwicklung automatisierter Sprühgeräte, die künstliche Intelligenz und Sensortechnologie kombinieren, um Sprühparameter (z. B. Temperatur, Luftströmungsgeschwindigkeit) in Echtzeit zu überwachen und so die Beschichtungskonsistenz und Produktionseffizienz zu verbessern.

1.4.2.3 Anwendungsfälle

Boeing: Das Turbofan-Triebwerk der Boeing 787 verwendet molybdänbeschichtete Turbinenschaufeln, die die Leistung bei hohen Temperaturen um 20 % verbessern und die Wartungsintervalle um 25 % verlängern.

Mitsubishi Heavy Industries: Mitsubishi Heavy Industries hat in der Brennkammer der Gasturbine eine Molybdänbeschichtung aufgebracht, um Hochtemperaturkorrosion bei 1400 °C zu widerstehen und die Lebensdauer der Komponenten um 40 % zu verlängern.

1.4.3 Technischer Stand und Herausforderungen

1.4.3.1 Stand der Technik

Gegenwärtig ist die Technologie des Molybdän-Sprühdrahts relativ ausgereift, und zu den wichtigsten technischen Merkmalen gehören:

Hochreiner Molybdändraht: Die Reinheit des weltweit gängigen Molybdän-Sprühdrahts hat mehr als 99,95 % erreicht, und die Oxidationsbeständigkeit einiger dotierter Molybdändrähte wurde erheblich verbessert.

Fortschrittliche Sprühverfahren: Durch Plasmaspritzen und HVOF-Verfahren können Molybdänbeschichtungen mit einer Porosität von weniger als 1 % und einer Bindungsfestigkeit von 80-100 MPa gebildet werden.

Automatisierte Produktion: Die intelligente Sprühanlage überwacht die Sprühparameter über den Sensor, und die Gleichmäßigkeit der Schichtdicke wird innerhalb von ±5μm gesteuert.

1.4.3.2 Technische Herausforderungen

Unzureichende Oxidationsbeständigkeit: Molybdän neigt dazu, in oxidierenden Hochtemperaturatmosphären flüchtige Oxide (MoO_3) zu bilden, was seine Anwendung in einigen Hochtemperaturumgebungen einschränkt.

Porosität der Beschichtung: Molybdänbeschichtungen mit herkömmlichem Lichtbogenspritzen haben eine hohe Porosität (3%-5%), was sich auf die Haltbarkeit und Korrosionsbeständigkeit auswirkt.

Kostenkontrolle: Die Produktionskosten für hochreinen Molybdändraht sind hoch (ca. 50-100 US-

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Dollar/kg), und der Reinigungs- und Ziehprozess muss weiter optimiert werden.
Anpassungsfähigkeit komplexer Substrate: Die Gleichmäßigkeit der Molybdänbeschichtung ist auf nicht ebenen oder komplex geformten Substraten schwer zu kontrollieren, und es müssen neue Sprühgeräte entwickelt werden.

1.4.4 Zukünftige Forschungsrichtungen

1.4.4.1 Neue Dopingtechnologien

Entwicklung effizienterer Dotierungselemente (z. B. Yttrium, Cer, Zirkonium) und Dotierungsverfahren zur Verbesserung der Oxidationsbeständigkeit und Duktilität von Molybdändrähten. So kann beispielsweise die Oxidationsrate von Molybdändraht, der mit 0,5 % Zirkonium dotiert ist, bei 1400 °C um 50 % reduziert werden.

1.4.4.2 Fortschrittliche Sprühtechnologie

Förderung der Kaltspritz- und lasergestützten Spritztechnologie, um thermische Spannungen und Oxidbildung in Beschichtungen zu reduzieren. Kaltgespritzte Molybdän-Beschichtungen können mit einer Porosität von nur 0,2 % und einer Bindungsfestigkeit von bis zu 120 MPa verwendet werden und eignen sich daher für hochpräzise Anwendungen.

1.4.4.3 Intelligente und umweltfreundliche Fertigung

Entwickeln Sie ein intelligentes Sprühsystem, das maschinelles Lernen nutzt, um die Sprühparameter zu optimieren und die Konsistenz der Beschichtung zu verbessern. Forschung an umweltfreundlichen Sprühverfahren zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der Abgasemissionen. So können beispielsweise Sprühgeräte, die mit erneuerbarer Energie betrieben werden, die Kohlenstoffemissionen um 20 % reduzieren.

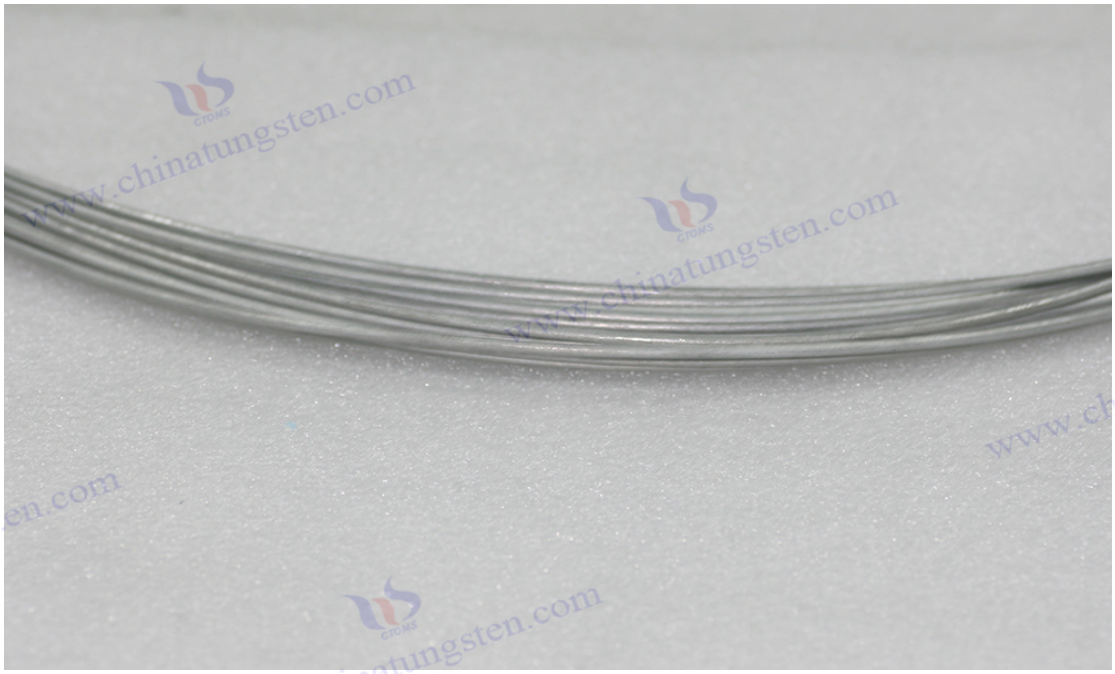
1.4.4.4 Komposit- und Nanobeschichtungen

Erforschen Sie molybdänbasierte Verbundschichten und Nanobeschichtungen, die mit Keramiken, Metallen oder anderen Hochleistungsmaterialien zu multifunktionalen Beschichtungen kombiniert werden. So können Molybdän-ZrO_2-Verbundschichten die Verschleißfestigkeit um bis zu 60 Prozent erhöhen und eignen sich für Luft- und Raumfahrt- und Energieanwendungen.

1.4.4.5 Interdisziplinäre Anwendungen

Erfahren Sie mehr über die Anwendung von Molybdänbeschichtungen in der Biomedizin, im Bereich der neuen Energie und in der Elektronik. In flexiblen elektronischen Geräten können Molybdänbeschichtungen beispielsweise zur Herstellung von leitfähigen Filmen verwendet werden. In biologischen Implantaten verbessern Molybdänbeschichtungen die Korrosionsbeständigkeit und Biokompatibilität.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved



CTIA GROUP LTD Molybdän-Sprühdraht

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

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/cm³
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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Kapitel 2 Eigenschaften von Molybdän-Sprühdraht

2.1 Physikalische Eigenschaften von Molybdän-Sprühdraht

Die physikalischen Eigenschaften von Molybdän-Spritzdraht sind die Grundlage für sein thermisches Spritzmaterial, das seine Anwendbarkeit unter hohen Temperaturen, hohem Druck und komplexen Arbeitsbedingungen bestimmt. Als Übergangsmetall mit hohem Schmelzpunkt hat Molybdän eine ausgezeichnete Wärmeleitfähigkeit, einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten und eine hohe Dichte, wodurch es in der Luft- und Raumfahrt, in der Automobilindustrie und in Energieanlagen weit verbreitet ist. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Analyse unter vier Aspekten: Schmelzpunkt und Wärmeleitfähigkeit, Dichte und Härte, Wärmeausdehnungskoeffizient und thermische Stabilität, Leitfähigkeit und spezifischer Widerstand.

2.1.1 Schmelzpunkt und Wärmeleitfähigkeit von Molybdän-Sprühdraht

Der Schmelzpunkt von Molybdän liegt bei 2623 °C (4753 °F), was nach Wolfram (3422 °C) und Rhenium (3186 °C) der zweithöchste unter den gängigen Metallen und viel höher als Eisen (1538 °C) und Nickel (1455 °C) ist. Dieser hohe Schmelzpunkt ermöglicht es, dass Molybdän-Sprühdraht in Umgebungen mit extrem hohen Temperaturen strukturstabil bleibt, wodurch er sich besonders für die Oberflächenbeschichtung von Hochtemperaturkomponenten wie Turbinenschaufeln von Flugzeugtriebwerken, Gasturbinenbrennkammern und petrochemischen Reaktoren eignet. So kann die Beschichtung aus Molybdän-Sprühdraht in Gasturbinen transienten hohen Temperaturen von bis zu 1400 °C standhalten, ohne zu schmelzen oder deutlich aufzuweichen.

Beim thermischen Spritzverfahren wird der Molybdändraht durch einen Lichtbogen oder eine Flamme in einen geschmolzenen oder halbgeschmolzenen Zustand erhitzt. Der hohe Schmelzpunkt bedeutet, dass das Sprühgerät einen hohen Energieaufwand erfordert (z. B. kann beim Plasmaspritzen Temperaturen von bis zu 15.000 °C erreicht werden), sorgt aber auch dafür, dass die geschmolzenen Molybdänpartikel während des Sprühvorgangs eine hohe Viskosität beibehalten, was zu einer dichten Beschichtung führt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Schmelzpunktseigenschaften von Molybdänschichten es ihnen ermöglichen, ein gewisses Maß an Stabilität in hochtemperaturoxidierenden Atmosphären aufrechtzuerhalten, obwohl die Oxidationsbeständigkeit durch Dotierung oder Kompositbeschichtungen weiter verbessert werden muss.

Wärmeleitfähigkeit: Die Wärmeleitfähigkeit von Molybdän beträgt 138 W/m·K (bei 20°C) und ist damit höher als die von Stahl (ca. 50 W/m·K), aber niedriger als die von Kupfer (ca. 400 W/m·K). Diese Eigenschaft verschafft Molybdänbeschichtungen einen Vorteil in Szenarien, in denen eine schnelle Wärmeableitung erforderlich ist. In Plasmaätzmaschinen für Halbleiterfertigungsanlagen können molybdänbeschichtete Elektroden beispielsweise Wärme effektiv leiten, eine Überhitzung der Geräte verhindern und die Betriebsstabilität verbessern. Die Wärmeleitfähigkeit wirkt sich auch auf die Abkühlgeschwindigkeit der Tröpfchen während des Sprühens aus, und eine höhere Wärmeleitfähigkeit hilft den Tröpfchen, sich schnell auf der Oberfläche des Substrats zu verfestigen, wodurch die thermische Belastung und Porosität in der Beschichtung reduziert werden.

In der Praxis nimmt die Wärmeleitfähigkeit der Molybdänschicht bei hohen Temperaturen leicht ab.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

So sinkt die Wärmeleitfähigkeit von Molybdän bei 1000 °C auf etwa 110 W/m·K, ist aber für die meisten industriellen Anforderungen immer noch ausreichend. Im Gegensatz dazu weisen keramische Beschichtungen (z. B. Zirkonoxid mit einer Wärmeleitfähigkeit von etwa 2 W/m·K) eine schlechte Wärmeleitfähigkeit auf und neigen zum Wärmestau, während Molybdänbeschichtungen mehr Vorteile in der Balance von Wärmeleitfähigkeit und mechanischer Festigkeit aufweisen.

2.1.2 Dichte und Härte von Molybdän-Sprühdraht

Die Dichte von Molybdän liegt bei 10,28 g/cm³ und damit unter der von Wolfram (19,25 g/cm³), aber höher als bei Nickel (8,91 g/cm³) und Eisen (7,87 g/cm³). Diese mittlere Dichte sorgt für ein gutes Verhältnis zwischen Gewicht und Leistung und eignet sich daher besonders für Komponenten in der Luft- und Raumfahrt sowie in der Automobilindustrie, bei denen ein geringes Gewicht erforderlich ist. In Kolbenringen für die Automobilindustrie bieten Molybdänbeschichtungen beispielsweise eine hervorragende Verschleißfestigkeit, ohne das Gewicht wesentlich zu erhöhen.

Die Dichte der Molybdänbeschichtung wirkt sich direkt auf die Sprühqualität aus. Die geringere Dichte trägt dazu bei, dass die Tröpfchen während des Sprühvorgangs einen guten Fluss beibehalten und Spritzerverluste während des Sprühvorgangs reduziert werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Dichte der durch Lichtbogen-Molybdän-Sprühdraht gebildeten Beschichtung 9,8-10,0 g/cm³ erreichen kann, was nahe am theoretischen Wert liegt, was darauf hindeutet, dass die Beschichtung eine hohe Kompaktheit aufweist.

Die Härte von Molybdän beträgt 5,5-6,0 auf der Mohs-Skala (etwa 200-250 auf der Vickers-Skala), und die Härte der durch Sprühen gebildeten Molybdänbeschichtung liegt in der Regel zwischen HV300 und 500, abhängig vom Sprühverfahren und der Nachbehandlung. So können beispielsweise beim Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen (HVOF) Molybdänschichten mit einer Härte von bis zu HV450 gebildet werden, während Plasmaspritzschichten typischerweise bei HV350 liegen. Die hohe Härte der Molybdänbeschichtung macht sie widerstandsfähig gegen mechanischen Verschleiß und eignet sich besonders für Komponenten mit hoher Reibung wie Kolbenringe, Lager und Schneidwerkzeuge.

Die Härte hängt auch eng mit der Mikrostruktur der Beschichtung zusammen. Die Korngröße von Molybdänbeschichtungen beträgt typischerweise 10-50 μm, und die kleinere Korngröße trägt zur Verbesserung der Härte und Verschleißfestigkeit bei. Durch die Dotierung mit Seltenen Erden wie Lanthan oder Cer kann das Getreide weiter veredelt und die Härte auf HV550 erhöht werden. Untersuchungen des Instituts für Metallforschung der Chinesischen Akademie der Wissenschaften zeigten beispielsweise, dass Molybdänbeschichtungen, die mit 1 % Lanthan dotiert sind, ihre Härte um 15 % und ihre Verschleißfestigkeit um 20 % erhöhen.

2.1.3 Wärmeausdehnungskoeffizient und thermische Stabilität von Molybdän-Sprühdraht

Der Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdän beträgt 4,8×10⁻⁶/K (20-1000°C), was viel niedriger ist als der von Stahl (ca. 12×10⁻⁶/K) und Aluminium (ca. 23×10⁻⁶/K) und nahe an dem von Nickelbasis-Superlegierungen (ca. 5,0×10⁻⁶/K). Der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ermöglicht es Molybdänbeschichtungen, die thermische Belastung in Umgebungen mit drastischen Temperaturänderungen zu reduzieren und das Risiko von Rissen oder Abblättern der Beschichtung zu verringern. In Flugzeugtriebwerken beispielsweise ist die Molybdänbeschichtung gut auf die Wärmeausdehnung des Substrats aus der Nickelbasislegierung abgestimmt und gewährleistet so die Stabilität der Beschichtung bei heißen und kalten Zyklen.

Beim thermischen Spritzen beeinflusst der Wärmeausdehnungskoeffizient die Qualität der Verbindung der Beschichtung mit dem Substrat. Wenn die Differenz im Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen dem Substrat und der Beschichtung zu groß ist, wird beim Abkühlen der Beschichtung nach dem Sprühen bei hohen Temperaturen eine große Eigenspannung erzeugt, wodurch sich die Beschichtung ablöst. Der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient von Molybdänbeschichtungen macht sie für eine Vielzahl von Metallsubstraten wie rostfreie Stähle, Titanlegierungen und Superlegierungen geeignet.

Thermische StabilitätDie thermische Stabilität von Molybdänbeschichtungen beruht auf ihrem hohen Schmelzpunkt und ihrer geringen Flüchtigkeit. In nicht oxidierenden Atmosphären wie Stickstoff oder Vakuum sind Molybdänbeschichtungen über 1600 °C stabil und eignen sich für den Einsatz in Vakuumöfen, Elektroden und Komponenten von Raumfahrzeugen. In einer oxidierenden Atmosphäre erzeugt Molybdän jedoch flüchtige Oxide (MoO_3) oberhalb von 500 °C, was zu einer Verschlechterung der Beschichtungsqualität führt. Um dieses Problem zu lösen, haben Forscher dotierte Molybdändrähte (wie dotiertes Kalium oder Cer) und Verbundbeschichtungen (wie Molybdän-Al_2O_3) entwickelt, um die thermische Stabilität zu verbessern. So kann beispielsweise eine Molybdänbeschichtung, die mit 0,8 % Cer dotiert ist, ihre Lebensdauer in einer oxidierenden Atmosphäre bei 1000 °C um 30 % verlängern.

2.1.4 Leitfähigkeit und spezifischer Widerstand von Molybdän-Sprühdraht

Leitfähigkeit: Die Leitfähigkeit von Molybdän beträgt etwa $1,8\times10^7$ S/m (20°C), was niedriger ist als die von Kupfer ($5,9\times10^7$ S/m), aber höher als die von Edelstahl (ca. $1,4\times10^6$ S/m). Diese Eigenschaft verschafft Molybdänbeschichtungen einen Vorteil bei Anwendungen, bei denen elektrische Leitfähigkeit erforderlich ist, wie z. B. Elektroden in Halbleiterfertigungsanlagen und leitfähige Schichten für elektronische Bauteile. Die hohe Leitfähigkeit der Molybdänbeschichtung reduziert zudem den Lichtbogenwiderstand beim Spritzen und trägt so zur Stabilisierung des Lichtbogenspritzprozesses bei.

Spezifischer WiderstandDer spezifische Widerstand von Molybdän beträgt $5,5\times10^{-8}$ Ω ηm (20 °C) mit einem leichten Temperaturanstieg (ca. $2,0\times10^{-7}$ Ω··) bei 1000 °C m)。 Der niedrige spezifische Widerstand ermöglicht es der Molybdänbeschichtung, eine gute Leitfähigkeit in Hochtemperaturumgebungen aufrechtzuerhalten, wodurch sie für Hochtemperaturelektroden und resistive Heizelemente geeignet ist. In den Elektroden eines Glasofens ist die Molybdänbeschichtung beispielsweise in der Lage, Elektrizität bei 1400 °C stabil zu leiten, wodurch die Lebensdauer der Elektrode um etwa 40 % verlängert wird.

Beim thermischen Spritzen beeinflusst der spezifische Widerstand des Molybdändrahtes die

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Energieeffizienz des Lichtbogenspritzens. Ein geringerer spezifischer Widerstand bedeutet einen geringeren Leistungsverlust und eignet sich daher für die industrielle Großproduktion. Studien haben gezeigt, dass die Optimierung der Lichtbogenspritzparameter (z. B. Ströme 400-600 A) den Energieverbrauch um bis zu 15 % erhöhen kann.

2.2 Chemische Eigenschaften von Molybdän-Sprühdraht

Die chemischen Eigenschaften von Molybdän-Sprühdraht bestimmen seine Leistung in korrosiven Umgebungen und unter Oxidationsbedingungen bei hohen Temperaturen. Die chemische Inertheit, Korrosionsbeständigkeit und Oxidationsbeständigkeit von Molybdän (unter bestimmten Bedingungen) machen es zu einem weit verbreiteten Einsatz in chemischen, Offshore- und Energieanlagen. Dabei wird unter drei Aspekten analysiert: Korrosionsbeständigkeit, Oxidationsbeständigkeit, chemische Inertheit und Reaktivität.

2.2.1 Korrosionsbeständigkeit von Molybdän-Sprühdraht

Molybdän hat eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit gegenüber nicht oxidierenden Säuren (z. B. Salzsäure, Schwefelsäure) und alkalischen Lösungen. In Salzsäure in einer Konzentration von 10 % hat Molybdän beispielsweise eine Korrosionsrate von nur 0,01 mm/Jahr, was viel niedriger ist als bei Edelstahl (etwa 0,1 mm/Jahr). Diese Eigenschaft macht Molybdänbeschichtungen wichtig für Anwendungen in petrochemischen Reaktoren, chemischen Pipelines und Schiffsausrüstungen. Im Meerwasser sind Molybdänbeschichtungen korrosionsbeständiger als Zinkbeschichtungen, beständig gegen Chloridionen und eignen sich für den Schutz von Stahlkonstruktionen auf Offshore-Plattformen.

Molybdän ist jedoch in oxidierenden Säuren wie Salpetersäure weniger korrosionsbeständig und neigt zu einer schnellen Auflösung. Um dieses Problem zu lösen, haben Forscher Verbundschichten auf Molybdänbasis entwickelt, die die Korrosionsbeständigkeit durch Zugabe von Nickel oder Chrom verbessern. Molybdän-Ni-Verbundbeschichtungen reduzieren beispielsweise die Korrosionsrate in Salpetersäureumgebungen um 50 %.

2.2.2 Oxidationsbeständigkeit von Molybdän-Sprühdraht

Molybdän hat eine gute Oxidationsbeständigkeit bei niedrigen Temperaturen (<500 °C), aber flüchtige Oxide (MoO_3) bilden sich leicht in oxidierenden Hochtemperaturatmosphären (>500 °C), was zu einer Verschlechterung der Beschichtungsqualität führt. In einer Lufttemperatur von 800 °C können reine Molybdänbeschichtungen beispielsweise mit einer Geschwindigkeit von bis zu 0,1 mm/h oxidieren, was ihre Anwendung in oxidierenden Umgebungen mit hohen Temperaturen einschränkt.

Um die antioxidative Aktivität zu verbessern, setzten die Forscher ein:

Dopingtechnik: Durch die Dotierung von Seltenen Erden (z.B. Lanthan, Cer) oder Alkalimetallen (z.B. Kalium) kann eine stabile Oxidschutzschicht gebildet werden. So reduziert beispielsweise eine mit 1 % Lanthan dotierte Molybdänbeschichtung die Oxidationsrate bei 1000 °C um 40 %.
Kompositbeschichtung: Schafft eine antioxidative Barriere durch Zugabe von keramischen

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Materialien (z. B. Al_2O_3, ZrO_2). Molybdän-Al_2O_3-Verbundbeschichtungen weisen beispielsweise eine um 50 % höhere Oxidationsbeständigkeit bei 1200 °C auf.
Schutzatmosphäre: Molybdänbeschichtungen sind deutlich widerstandsfähiger gegen Oxidation, wenn sie durch Stickstoff oder Argon geschützt sind, und eignen sich daher für den Einsatz in Vakuumöfen und Komponenten von Raumfahrzeugen.

2.2.3 Chemische Inertheit und Reaktivität von Molybdän-Sprühdraht

Molybdän ist bei Raumtemperatur chemisch inert und reagiert mit den meisten nichtmetallischen Elementen (z. B. Sauerstoff, Stickstoff) nicht oder signifikant mit Wasser oder Dampf. Diese Eigenschaft verschafft Molybdänbeschichtungen einen Vorteil in Szenarien, in denen die chemische Stabilität entscheidend ist, wie z. B. Elektroden in Glasöfen und Auskleidungen in chemischen Reaktoren.

Bei hohen Temperaturen weist Molybdän jedoch eine gewisse Reaktivität mit Sauerstoff, Chlor und Fluor auf. Oberhalb von 600 °C reagiert Molybdän beispielsweise mit Sauerstoff zu MoO_3, was zu einem Schichtverlust führt. Um die Reaktivität zu verringern, haben die Forscher Techniken zur Oberflächenmodifikation entwickelt, wie zum Beispiel die Silikonisierung zur Bildung einer Schutzschicht aus $MoSi_2$, die die chemische Stabilität deutlich verbessert.

2.3 Mechanische Eigenschaften von Molybdän-Sprühdraht

Die mechanischen Eigenschaften von Molybdän-Sprühdraht bestimmen seine Leistung in Umgebungen mit hoher Belastung, hoher Reibung und komplexer Beanspruchung. Die hohe Festigkeit, Duktilität und Verschleißfestigkeit von Molybdän ermöglichen es seinen Beschichtungen, die Anforderungen der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie und des Maschinenbaus zu erfüllen. Dabei wird unter drei Aspekten analysiert: Zugfestigkeit und Streckgrenze, Duktilität und Bruchzähigkeit, Verschleißfestigkeit und Ermüdungsverhalten.

2.3.1 Zugfestigkeit und Streckgrenze von Molybdän-Spritzdraht

ZugfestigkeitDie Zugfestigkeit von Molybdändraht beträgt etwa 800-1000 MPa bei 20 ° C, was viel höher ist als bei Aluminium (etwa 200 MPa), aber niedriger als bei Wolfram (etwa 1500 MPa). Die Zugfestigkeit der durch Sprühen gebildeten Molybdänbeschichtung liegt in der Regel zwischen 500 und 700 MPa, was auf Veränderungen der Mikrostruktur wie Kornverfeinerung und Porosität zurückzuführen ist. Das Hochgeschwindigkeits-Flammspritzverfahren (HVOF) erhöht die Zugfestigkeit der Beschichtung auf etwa 800 MPa, da sie eine dichtere Beschichtung bildet.

StreckgrenzeDie Streckgrenze von Molybdän beträgt etwa 600-800 MPa, und die Streckgrenze von Sprühbeschichtungen liegt normalerweise zwischen 400 und 600 MPa. Die Streckgrenze wirkt sich direkt auf die Verformungsbeständigkeit der Beschichtung aus. Bei Kolbenringen für die Automobilindustrie beispielsweise ist die hohe Streckgrenze von Molybdänbeschichtungen in der Lage, hochfrequenten Vibrationen und thermischen Belastungen zu widerstehen und so eine Rissbildung der Beschichtung zu verhindern.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

2.3.2 Duktilität und Bruchzähigkeit von Molybdän-Spritzdraht

Temperbarer Molybdändraht hat eine gute Duktilität und die Bruchdehnung beträgt etwa 10 % bis 15 %. Durch die Dotierung mit Seltenen Erden wie Lanthan kann die Duktilität weiter verbessert werden, z.B. kann Molybdändraht, der mit 1% Lanthan dotiert ist, eine Bruchdehnung von bis zu 20% erreichen. Die Duktilität der Sprühbeschichtung ist etwas geringer als die des Molybdändrahtkörpers, die etwa 5 % bis 10 % beträgt, aber für die meisten industriellen Anwendungen ausreichend ist. In den Turbinenschaufeln von Flugzeugtriebwerken beispielsweise ist die Duktilität von Molybdänbeschichtungen in der Lage, Wärmeausdehnung und mechanische Schwingungen aufzunehmen, wodurch das Abblättern der Beschichtung reduziert wird.

BruchzähigkeitDie Bruchzähigkeit (K_IC) von Molybdänbeschichtungen liegt typischerweise zwischen 10 und 15 MPa·m$^{1/2}$, was niedriger ist als die von keramischen Beschichtungen (z. B. Zirkonoxid, etwa 5 MPa·m$^{1/2}$), aber höher als die von Nickelbasisbeschichtungen (etwa 8 MPa·m$^{1/2}$). Die hohe Bruchzähigkeit ermöglicht es der Molybdänbeschichtung, der Rissausbreitung zu widerstehen und eignet sich für den Einsatz in Bauteilen mit hohen Stoßbelastungen, wie z. B. Bergbaumeißeln und Schmiedegesenk.

2.3.3 Verschleißfestigkeit und Ermüdungseigenschaften von Molybdän-Sprühdraht

Abriebfestigkeit Die Verschleißfestigkeit von Molybdänbeschichtungen beruht auf ihrer hohen Härte und ihrem niedrigen Reibungskoeffizienten (ca. 0,1-0,2). Unter Gleitreibungsbedingungen beträgt die Verschleißrate der Molybdänbeschichtung nur 0,01-0,05 mm^3/N·m, was deutlich niedriger ist als die von Stahl (ca. 0,1 mm^3/N·m). Bei Synchronringen für Kraftfahrzeuge verlängert beispielsweise die Verschleißfestigkeit der Molybdänbeschichtung die Lebensdauer der Komponenten um den Faktor 3.

ErmüdungseigenschaftenDie Ermüdungslebensdauer von Molybdänbeschichtungen schneidet im High Cycle Fatigue (HCF)-Test gut ab. Zum Beispiel beträgt die Dauerfestigkeit von Molybdänbeschichtungen bei einer Belastung von 10° Zyklen etwa 400 MPa, wodurch sie für rotierende Teile von Flugzeugtriebwerken geeignet sind. Studien haben gezeigt, dass die Optimierung des Sprühprozesses, wie z. B. die Verringerung der Porosität, die Lebensdauer der Ermüdung um bis zu 20 % erhöhen kann.

2.4 Leistung der Sprühbeschichtung

Die Beschichtungseigenschaften von Molybdän-Sprühdraht wirken sich direkt auf seine Wirksamkeit in industriellen Anwendungen aus. Adhäsion, Porosität, hohe Temperaturbeständigkeit und Oberflächeneigenschaften von Beschichtungen sind Schlüsselindikatoren zur Bewertung ihrer Qualität. Im Folgenden wird unter vier Aspekten analysiert.

2.4.1 Haftung und Haftfestigkeit der Beschichtung

Die Adhäsion von Molybdänbeschichtungen wird typischerweise durch einen Zugversuch (ASTM C633) mit einer Haftfestigkeit zwischen 50-100 MPa gemessen. Mit dem Hochgeschwindigkeits-Flammspritzverfahren (HVOF) können Beschichtungen mit einer Haftfestigkeit von bis zu 100 MPa gebildet werden, während das Lichtbogenspritzen typischerweise eine Haftfestigkeit von 50-70

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

MPa hat. Die Festigkeit der Verklebung ist abhängig von den Beschichtungsparametern (z.B. 100-150 mm Sprühabstand, Gasfluss 50-80 L/min) und der Oberflächenbehandlung des Untergrundes (z.B. Strahlen, Aufrauen).

2.4.2 Porosität und Gleichmäßigkeit der Beschichtung

Die Porosität von Molybdänbeschichtungen liegt je nach Sprühverfahren typischerweise zwischen 0,5 % und 5 %. Die Porosität des HVOF-Prozesses kann nur 0,5 % betragen, während die Porosität des Lichtbogenspritzens etwa 3 % bis 5 % beträgt. Die geringe Porosität trägt dazu bei, die Korrosions- und Abriebbeständigkeit der Beschichtung zu verbessern. Die Gleichmäßigkeit der Schichtdicke wird innerhalb von ±5µm gesteuert, was für hochpräzise Anwendungen geeignet ist.

2.4.3 Beständigkeit der Beschichtung gegen hohe Temperaturen und Temperaturschocks

Molybdänbeschichtungen können in nicht oxidierenden Atmosphären mehr als 1600 °C standhalten, haben jedoch eine begrenzte Beständigkeit gegen hohe Temperaturen (ca. 500 °C) in oxidierenden Atmosphären. Dotierte oder Verbundstoffbeschichtungen können die Hochtemperaturbeständigkeit verbessern, wie z. B. Cer-dotierte Molybdänbeschichtungen, die stabil bei 1000 °C arbeiten. Die Temperaturwechselbeständigkeit wurde durch Heiß- und Kaltwechseltests bewertet, und die Molybdänbeschichtung war von 1000 °C bis Raumtemperatur für bis zu 500 Zyklen stabil.

2.4.4 Oberflächenrauheit und Mikrostruktur von Beschichtungen

Die Oberflächenrauheit (Ra) von Molybdänschichten liegt typischerweise zwischen 0,2 und 2,0 µm, und das HVOF-Verfahren kann einen Spiegeleffekt von Ra ≤ 0,2 µm erzielen. Die Mikrostruktur zeigt, dass die Molybdänbeschichtung aus geschichteten, gestapelten flachen Partikeln mit einer Korngröße von 10-50 µm besteht. Die feine Korngröße trägt zu einer erhöhten Härte und Verschleißfestigkeit bei.

2.5 CTIA GROUP LTD Molybdän-Sprühdraht Sicherheitsdatenblatt

Ein Sicherheitsdatenblatt (MSDS), das heute allgemein als Sicherheitsdatenblatt (SDB) bekannt ist, ist ein umfassendes technisches Dokument, das die Anforderungen der Internationalen Organisation für Normung (ISO 11014) und des Global Harmonisierten Systems zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien (GHS) erfüllt, um Informationen über die physikalischen und chemischen Eigenschaften, potenzielle Gefahren, sichere Verwendung, Lagerung, Transport, Notfallbehandlung und damit verbundene Vorschriften für eine Chemikalie oder ein Material. Als hochreines Metallmaterial wird Molybdän-Spritzdraht häufig in thermischen Spritzprozessen verwendet, und sein Sicherheitsdatenblatt wurde entwickelt, um Herstellern, Benutzern, Transportpersonal und Rettungskräften umfassende Sicherheitshinweise zu geben, um die Einhaltung von Arbeitsschutzstandards am Arbeitsplatz und während des Transports zu gewährleisten.

Teil 1: Chemikalien- und Unternehmenskennzeichnung
Chemischer Name: Molybdändraht
CAS-Nummer: 7439-98-7
Empfohlene Verwendung: Es wird in thermischen Spritzverfahren (wie Lichtbogenspritzen,

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Flammenspritzen) verwendet, um verschleißfeste und hochtemperaturbeständige Beschichtungen zu bilden, die für die Luft- und Raumfahrt, die Automobilindustrie, Energieanlagen usw. geeignet sind.
Verwendungsbeschränkungen: Nicht empfohlen für die Verwendung in oxidierenden Hochtemperaturatmosphären (>500 °C), es sei denn, es werden antioxidative Maßnahmen ergriffen.

Teil 2: Überblick über die Gefahren
GHS-Einstufung: Molybdän-Sprühdraht ist eine ungefährliche Chemikalie und fällt nicht in den Geltungsbereich der GHS-Gefahreneinstufung.
Gefahrenkategorie: Es gibt keine spezifische Gefahreneinstufung, aber Molybdänstaub oder -dämpfe können während der Verarbeitung oder des Sprühens entstehen, was eine potenzielle Gefahr für das Einatmen darstellt.
Gesundheitsgefahren: Das langfristige Einatmen von Molybdänstaub kann zu Reizungen der Atemwege führen, und eine kurzfristige Exposition birgt keine signifikanten Gesundheitsgefahren.
Physikalische Gefahren: Massiver Molybdändraht ist nicht brennbar oder explosiv, kann jedoch eine Brandgefahr darstellen, wenn er während des Sprühvorgangs bei hohen Temperaturen schmilzt.
Umweltgefahren: Es gibt keine nennenswerten Umweltschäden, Molybdän ist ein ungiftiges Metall und der Abfall kann recycelt werden.
Warnung: Vorsicht

Gefahrenhinweis:
H335: Kann die Atemwege reizen (Staub durch Verarbeitung oder Sprühen).
H315: Bei längerem Hautkontakt kann es zu leichten Reizungen kommen.

Sicherheitshinweis:
P261: Einatmen von Staub oder Dämpfen vermeiden.
P280: Während des Betriebs Schutzhandschuhe/Schutzbrille/Atemschutzausrüstung tragen.
P305+P351+P338: Bei Kontakt mit den Augen einige Minuten lang mit Wasser spülen, wenn Kontaktlinsen leicht zu entfernen sind, entfernen und weiter spülen.

Teil 3: Zusammensetzung/Informationen zur Zusammensetzung
Chemische Zusammensetzung: Molybdän (Mo), Reinheit≥ 99,95%
Verunreinigungen: Kann Spuren von Eisen (Fe<0,01%), Nickel (Ni<0,005%), Kohlenstoff (C<0,01%) usw. enthalten.
Dotierungselemente (optional): Einige Molybdän-Sprühdrähte können mit Lanthan (La<1%), Cer (Ce<1%) oder Kalium (K<0,1%) dotiert werden, um die Oxidationsbeständigkeit oder Duktilität zu verbessern.
Form: Massiver Metalldraht, Durchmesser 1,0-3,2mm, glatte Oberfläche oder mit Spurenoxidschicht (schwarzer Molybdändraht).

Teil 4: Erste-Hilfe-Maßnahmen
Hautkontakt: Wenn Molybdänfäden oder Staub mit der Haut in Berührung kommen, spülen Sie sie mit Seifenwasser und Wasser ohne besondere Behandlung ab. Wenn Reizungen auftreten, suchen

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Sie umgehend einen Arzt auf.
Blickkontakt: Wenn Molybdänstaub in das Auge gelangt, heben Sie das Augenlid an und spülen Sie es mindestens 15 Minuten lang mit fließendem Wasser oder Kochsalzlösung aus. Wenn die Beschwerden anhalten, suchen Sie sofort einen Arzt auf.
Einatmen: Wenn Molybdänstaub oder Sprühdämpfe eingeatmet werden, sofort an die frische Luft übertragen, um die Atemwege offen zu halten. Wenn Sie Atembeschwerden haben, geben Sie Sauerstoff und suchen Sie einen Arzt auf.
Versehentliches Verschlucken: Molybdändraht ist ein festes Metall, und die Möglichkeit eines versehentlichen Verschluckens ist äußerst gering. Wenn es passiert, suchen Sie sofort einen Arzt auf und führen Sie kein Erbrechen herbei.
Schutz des Erste-Hilfe-Personals: Erste-Hilfe-Mitarbeiter sollten Schutzhandschuhe und Masken tragen, um das Einatmen von Staub zu vermeiden.

Teil 5: Brandschutzmaßnahmen
Feuerlöschmethode: Molybdändraht selbst ist nicht brennbar, aber das Schmelzen bei hohen Temperaturen während des Sprühvorgangs kann zu einem Brand führen. Verwenden Sie zum Löschen von Bränden Trockenpulver, Schaum oder Kohlendioxid-Feuerlöscher, und die Verwendung von Wasser ist verboten (da dies zu Metallstaubexplosionen führen kann).
Besondere Gefahren: Molybdänoxid (MoO_3)-Dämpfe können bei hohen Temperaturen entstehen, die reizend sind, und es ist Atemschutzausrüstung erforderlich.
Brandschutzmaßnahmen: Feuerwehrleute sollten Ganzkörperschutzkleidung und Atemschutzmasken mit positivem Atemwegsdruck tragen, um das Einatmen giftiger Dämpfe zu verhindern.

Teil 6: Notfallbehandlung von verschütteten Flüssigkeiten
Notfallmaßnahmen: Molybdändraht ist ein festes Material, keine Gefahr des Austretens von Flüssigkeiten. Wenn Molybdänstaub durch Verarbeitung oder Sprühen entsteht, isolieren Sie sofort den kontaminierten Bereich, um eine Ausbreitung des Staubs zu verhindern.
Sammelmethode: Verwenden Sie einen explosionsgeschützten Staubsauger oder Nassfeger, um Staub zu sammeln und Staub zu vermeiden. Der gesammelte Staub sollte in einem Behälter verschlossen und einer professionellen Organisation zum Recycling übergeben werden.
Umweltschutz: Molybdänstaub hat weniger Auswirkungen auf die Umwelt, sollte aber vermieden werden, dass er in Gewässer oder Böden gelangt.
Persönlicher Schutz: Hundeführer sollten Schutzbrillen, Masken und Handschuhe tragen, um ein Einatmen oder Einatmen oder Kontakt mit Staub zu vermeiden.

Teil 7: Handhabung, Handhabung und Lagerung
Vorsichtsmaßnahmen:
Arbeiten Sie in einer gut belüfteten Umgebung, um Staubansammlungen zu vermeiden.
Verwenden Sie spezielle Sprühgeräte, wie z. B. Lichtbogenspritzpistolen, um sicherzustellen, dass das Gerät geerdet ist, um statische Funken zu vermeiden.
Vermeiden Sie die direkte Verwendung in oxidierenden Hochtemperaturatmosphären (>500 °C), es sei denn, es werden antioxidative Maßnahmen ergriffen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Ausgestattet mit einem Staubabscheidesystem, um eine Staubdiffusion während des Sprühvorgangs zu verhindern.

Vorsichtsmaßnahmen für die Lagerung:
In einem trockenen, belüfteten Lager vor Feuchtigkeit geschützt lagern (um Oxidation der Oberflächen zu verhindern).
Die Lagertemperatur wird auf 5-30°C geregelt und die Luftfeuchtigkeit liegt unter 60%.
Von starken Oxidationsmitteln (z.B. Salpetersäure, Chlor) und sauren Substanzen fernhalten.
Die Verpackung ist in einer Plastiktüte oder einem Metallbehälter versiegelt, um mechanische Beschädigungen zu vermeiden.

Teil 8: Expositionsbegrenzung/Persönlicher Schutz
Technische Kontrollen: Verwenden Sie lokale Absaugsysteme oder Staubsammelanlagen, um die Konzentration von Molybdänstaub in der Arbeitsplatzluft unter dem OSHA-PEL-Wert (15 mg/m³, Gesamtstaub) zu halten.
Persönlicher Schutz:
Atemschutz: Tragen Sie bei hohen Staubkonzentrationen eine NIOSH-zertifizierte N95- oder P100-Staubmaske.
Augenschutz: Tragen Sie eine chemische Schutzbrille, um zu verhindern, dass Staub in Ihre Augen eindringt.
Hautschutz: Tragen Sie Schutzhandschuhe und Overalls, um langfristigen Kontakt zu vermeiden.
Sonstiger Schutz: Sprühende Bediener sollten Hochtemperatur-Schutzkleidung tragen, um Tröpfchenverbrennungen bei hohen Temperaturen zu vermeiden.

Grenzwerte für die Exposition am Arbeitsplatz:
China GBZ 2.1-2019: Molybdänstaub TLV-TWA beträgt 10 mg/m³ (Gesamtstaub).
OSHA PEL: 15 mg/m³ (Gesamtstaub), 5 mg/m³ (lungengängiger Staub).
ACGIH TLV: 10 mg/m³ (atembarer Staub), 3 mg/m³ (atembarer Staub).

Teil 9: Physikalisch-chemische Eigenschaften
Aussehen und Eigenschaften: silber-weißer Metalldraht, glatte Oberfläche oder mit Spurenoxidschicht (schwarzer Molybdändraht).
Schmelzpunkt: 2623 °C
Siedepunkt: 4639 °C
Dichte: 10,28 g/cm³ (20°C)
Wärmeleitfähigkeit: 138 W/m·K (20°C)
Wärmeausdehnungskoeffizient: $4{,}8\times10^{-6}$/K (20-1000°C).
Spezifischer Widerstand: $5{,}5\times10^{-8}$ Ω·m (20°C)
Härte: Mohs-Härte 5,5-6,0, Vickers-Härte HV200-250
Löslichkeit: unlöslich in Wasser, sauer oder alkalisch, löslich in heißer konzentrierter Salpetersäure oder Königswasser.
Flüchtigkeit: Nichtflüchtiges, aber flüchtiges MoO_3 kann in einer oxidierenden Hochtemperaturatmosphäre erzeugt werden.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Teil 10: Stabilität und Reaktivität

Stabilität: MoO_3 ist bei Raumtemperatur stabil und kann in einer oxidierenden Hochtemperaturatmosphäre (>500 °C) gebildet werden.

Reaktivität: Reagiert mit starken Oxidationsmitteln (z. B. Salpetersäure, Chlor) unter Bildung von Oxiden oder Halogeniden. Vermeiden Sie den Kontakt mit starken Säuren und Laugen.

Verbotene Substanzen: starke Oxidationsmittel, Halogengase, saure Substanzen.

Zersetzungsprodukte: Kann sich bei hohen Temperaturen zu MoO_3-Rauch zersetzen, was reizend ist.

Teil 11: Toxikologische Informationen

Akute Toxizität: Keine signifikante akute Toxizität, LD50 (oral, Ratte) > 2000 mg/kg.

Chronische Toxizität: Das langfristige Einatmen hoher Konzentrationen von Molybdänstaub kann zu Atemwegsreizungen oder Lungenentzündungen führen, ohne dass es Hinweise auf Karzinogenität gibt (in der IARC nicht als krebserregend eingestuft).

Hautreizungen: Langfristige Exposition kann leichte Reizungen verursachen und ist nicht sensibilisierend.

Augenreizung: Molybdänstaub kann mechanische Reizungen verursachen und ist nicht korrosiv.

Reproduktionstoxizität: Es liegen keine Daten zur Reproduktionstoxizität oder Teratogenität vor.

Andere: Molybdän ist ein essentielles Spurenelement für den menschlichen Körper, und übermäßiges Einatmen kann zu einem Anstieg der Molybdänkonzentration im Blut führen, aber es besteht keine signifikante Gesundheitsgefahr.

Teil 12: Ökologische Informationen

Auswirkungen auf die Umwelt: Molybdändraht ist ein festes Metall und hat keine nennenswerten Schäden für die Umwelt. Abfälle können recycelt und entsorgt werden, um ein Eindringen in Gewässer oder Böden zu vermeiden.

Bioakkumulativ: Nicht bioakkumulativ.

Ökotoxizität: Keine signifikante Toxizität für Wasserorganismen, LC50 (Fische, 96 Stunden) > 100 mg/L.

Persistenz und Abbaubarkeit: Nicht anwendbar, Molybdän ist ein nicht abbaubares Metall.

Teil 13: Entsorgung

Entsorgungsmethode: Abfälle von Molybdändraht sollten versiegelt und gesammelt werden, einer professionellen Recyclingeinrichtung zur Entsorgung übergeben werden, und es ist verboten, sie nach Belieben zu entsorgen.

Recycling: Molybdän ist ein recycelbares Metall, das für die Wiederverwendung durch Schmelzen oder chemische Reinigung empfohlen wird.

Regulatorische Anforderungen: Gemäß dem chinesischen Gesetz zur Vermeidung und Kontrolle der Umweltverschmutzung durch feste Abfälle und der EU-RoHS-Richtlinie ist es verboten, Abfälle in die Umwelt einzuleiten.

ABSCHNITT 14: VERSANDINFORMATIONEN

UN-Nummer: Keine (nicht gefährlich).

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Name des Versands: Molybdändraht.
Transportgefahrenkategorie: Nicht gefährliche Güter gemäß den Anforderungen des International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG) und der International Air Transport Association (IATA).
Verpackungsanforderungen: Verwenden Sie versiegelte Plastiktüten oder Metallbehälter, um mechanische Beschädigungen zu vermeiden.
Vorsichtsmaßnahmen für den Transport: Halten Sie es während des Transports trocken und vermeiden Sie das Mischen mit starken Oxidationsmitteln.

Teil 15: Regulatorische Informationen
Vorschriften in China:
Einhaltung der "Labeling and General Rules for Hazardous Chemicals" (GB/T 15258-2009).
Halten Sie die berufsbedingten Expositionsgrenzwerte für Gefährdungsfaktoren an betrieblichen Arbeitsplätzen (GBZ 2.1-2019) ein.

Internationale Vorschriften:
Gemäß der EU-REACH-Verordnung (EG Nr. 1907/2006) gehört Molybdän nicht zu den SVHC (Substances of Very High Concern).
Erfüllt die OSHA-Standards für die Gefahrenkommunikation (29 CFR 1910.1200).
Erfüllt die kanadischen WHMIS-Anforderungen (Hazardous Materials Information System for the Workplace).
Sonstiges: Die Herstellung und Verwendung von Molybdändraht unterliegt dem Umweltmanagementsystem ISO 14001 und dem Qualitätsmanagementsystem ISO 9001.

ABSCHNITT 16: ZUSÄTZLICHE INFORMATIONEN
Lieferant: CTIA GROUP LTD
Telefonnummer: 0592-5129696/5129595

CTIA GROUP LTD Molybdän-Sprühdraht

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

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/cm³
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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Kapitel 3 Herstellung und Herstellungsprozess von Molybdän-Sprühdraht

3.1 Aufbereitung der Rohstoffe für Molybdän-Spritzdraht

Die Herstellung von Molybdän-Spritzdraht beginnt mit der Auswahl und Verarbeitung der Rohstoffe, und der hochwertige Aufbereitungsprozess von Molybdän als hochschmelzendes und korrosionsbeständiges Übergangsmetall bestimmt direkt die Leistung des Endprodukts. Bei der Rohstoffaufbereitung werden aus Molybdänerz hochreine Molybdänverbindungen gewonnen, die wiederum zu hochreinen Molybdänpulvern verarbeitet werden, die sich für die Formgebung eignen. Dieser Prozess ist nicht nur technologieintensiv, sondern erfordert auch eine ausgeklügelte Prozesssteuerung, um die Materialkonsistenz und -zuverlässigkeit zu gewährleisten. In diesem Abschnitt werden die Aufbereitungs- und Reinigungstechnologie von Molybdänerz, der Herstellungsprozess von hochreinem Molybdänpulver sowie die Qualitätskontrolle und -prüfung von Molybdänpulver ausführlich behandelt.

3.1.1 Technologie zur Aufbereitung und Reinigung von Molybdänerz

Molybdän kommt in der Natur hauptsächlich in Form von Molybdänit (MoS_2) vor, einem dunkelgrauen, metallischen Sulfidmineral, das oft mit metallischen Mineralien wie Kupfer, Wolfram und Eisen in Verbindung gebracht wird. Die Verteilung der Molybdänerzvorkommen in der Welt ist relativ konzentriert, wobei China, die Vereinigten Staaten, Chile und Peru die Hauptproduktionsgebiete sind, unter denen China mit seinen reichen Reserven und seiner Produktion dominiert. Chinas Molybdänerz wird hauptsächlich in Luanchuan in Henan, Jinduicheng in Shaanxi und Daheishan in Jilin vertrieben, und das in diesen Abbaugebieten produzierte Molybdänerz ist von guter Qualität, enthält aber oft eine Vielzahl von Verunreinigungen, die durch aufwendige Aufbereitungs- und Reinigungsprozesse abgetrennt werden müssen.

Der erste Schritt im Aufbereitungsprozess ist die physikalische Zerkleinerung des Roherzes. Das abgebauten Molybdänerz ist groß und muss in der Regel von Backenbrechern und Kegelbrechern in kleinere Partikel zerkleinert werden. Dieser Prozess mag einfach erscheinen, erfordert aber eine genaue Kontrolle der Parameter der Brechanlage, um Mineralverluste oder Staubverunreinigungen durch Überbrecher zu vermeiden. Die zerkleinerten Erzpartikel werden in Mahlanlagen wie Kugelmühlen oder Stabmühlen eingespeist, wo sie zu feinen Pulvern weitervermahlen werden. Der Zweck des Schleifens besteht darin, Molybdänitpartikel von den zugehörigen Mineralien zu befreien und Bedingungen für die anschließende Trennung zu schaffen. In dieser Phase muss besonders auf die Gleichmäßigkeit der Korngröße geachtet werden, da zu grobe Partikel die Verarbeitungseffizienz verringern, während zu feine Partikel die Behandlungskosten erhöhen können.

Das Kernverfahren der Mineralaufbereitung ist die Flotationstechnologie, bei der es sich um eine Methode zur Trennung von Mineralien unter Verwendung unterschiedlicher Oberflächeneigenschaften handelt. Während der Flotation wird das fein gemahlene Erz mit Wasser zu einer Aufschlämmung vermischt und es werden bestimmte Chemikalien zugesetzt, darunter Kollektoren, Schaummittel und Konditionierer. Kollektoren (wie Xanthate oder Terpineol) adsorbieren selektiv an der Oberfläche von Molybdänitpartikeln und machen sie hydrophob; Das

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Schaummittel erzeugt einen stabilen Schaum in der Gülle, die hydrophoben Molybdänitpartikel lagern sich an den Blasen an und schwimmen mit dem Schaum an die Oberfläche, während die hydrophilen Verunreinigungsmineralien auf den Boden der Gülle sinken. Der Flotationsprozess erfordert in der Regel mehrere Zyklen, und der Molybdänitgehalt wird durch Schruppen, Selektieren und Kehren schrittweise erhöht, und schließlich wird ein hochreines Molybdänkonzentrat erhalten. Dieses Konzentrat hat eine dunkelgraue Farbe mit einem fettigen Glanz, was es zu einem idealen Rohstoff für die anschließende Reinigung macht.

Der Reinigungsprozess von Molybdänkonzentrat ist darauf ausgelegt, Molybdänit in eine Verbindung umzuwandeln, die bei der Herstellung von Molybdänmetall, typischerweise Molybdänoxid (MoO_3), verwendet werden kann . Der erste Schritt bei der Reinigung ist das Rösten, bei dem das Molybdänkonzentrat in einen großen Drehrohrofen oder Mehrkammerofen geleitet wird, wo es bei hohen Temperaturen mit Sauerstoff reagiert. Während des Röstprozesses wird der Schwefel im Molybdänit zu Schwefeldioxidgas oxidiert und freigesetzt, während Molybdän in Molybdänoxid umgewandelt wird. Dieser Prozess erfordert eine präzise Steuerung der Temperatur und der Sauerstoffzufuhr, um eine vollständige Entfernung des Schwefels zu gewährleisten und gleichzeitig den Verlust der Molybdänoxidverflüchtigung zu vermeiden. Molybdänoxid ist nach dem Rösten ein gelbes oder weißes Pulver, kann aber immer noch Spuren von Kupfer, Eisen oder anderen Verunreinigungen enthalten, die eine weitere chemische Reinigung erfordern.

Die chemische Reinigung erfolgt in der Regel mit einem Ammoniaklaugungsverfahren. Molybdänoxid wird in Ammoniak zu Ammoniummolybdatlösung gelöst, während unlösliche Verunreinigungen filtriert und abgetrennt werden. Anschließend wird hochreines Ammoniummolybdat durch Verdampfungskristallisation oder saure Fällung aus der Lösung ausgefällt. Diese Verbindung ist ein idealer Vorläufer für die Herstellung von hochreinem Molybdänpulver, und ihre Reinheit hat einen direkten Einfluss auf den Erfolg des nachfolgenden Prozesses. Der gesamte Aufbereitungs- und Reinigungsprozess spiegelt die Komplexität der modernen metallurgischen Technologie wider, von der extensiven Erzzerkleinerung bis zur feinchemischen Trennung, wobei jeder Schritt sorgfältig geplant werden muss, um die Qualität des Endprodukts zu gewährleisten.

3.1.2 Herstellungsprozess von hochreinem Molybdänpulver

Hochreines Molybdänpulver ist das Grundmaterial für Molybdän-Sprühdraht, und sein Herstellungsprozess konzentriert sich auf die Wasserstoffreduktion, die darauf abzielt, Molybdänoxid in Metall-Molybdän umzuwandeln und gleichzeitig eine extrem hohe Reinheit und geeignete Partikeleigenschaften beizubehalten. Dieser Prozess erfordert nicht nur eine fortschrittliche Unterstützung der Ausrüstung, sondern auch ein tiefes Verständnis der chemischen Reaktionen und Materialeigenschaften, um sicherzustellen, dass das Molybdänpulver die strengen Anforderungen an Molybdän-Sprühdraht erfüllt.

Die Herstellung von hochreinem Molybdänpulver beginnt mit der Raffination von Molybdänoxid. Das durch Rösten gewonnene Molybdänoxid kann Spuren von Verunreinigungen enthalten, die

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

durch chemische Verfahren weiter gereinigt werden müssen. Die Ammoniaklaugung ist eine häufig verwendete Raffinationsmethode, mit der Verunreinigungen wie Eisen, Kupfer und Silizium effektiv entfernt werden können, indem der pH-Wert und die Temperatur der Lösung gesteuert werden. Das raffinierte Molybdänoxid wird getrocknet und zu feinen Partikeln vermahlen, um den anschließenden Reduktionsprozess vorzubereiten. Jeder Prozess in dieser Phase muss in einer sauberen Umgebung durchgeführt werden, um das Eindringen externer Verunreinigungen zu vermeiden.

Die Wasserstoffreduktion ist der Kernprozess der Herstellung von Molybdänpulver und wird in der Regel in zwei Stufen durchgeführt. Die erste Stufe ist die Reduktion von Molybdänoxid zu Molybdändioxid (MoO_2). Diese Reaktion findet in einem Rohrofen oder Stoßofen statt, wo das Molybdänoxidpulver in eine Hochtemperatur-Schiffsschale gegeben und langsam durch die Heizzone geleitet wird. Unter dem Schutz einer Wasserstoffatmosphäre reagiert Molybdänoxid mit Wasserstoff, setzt Wasserdampf frei und bildet Molybdändioxid. Dieser Prozess erfordert eine präzise Steuerung der Ofentemperatur und des Wasserstoffflusses, um sicherzustellen, dass die Reaktion abgeschlossen ist und die Partikel nicht agglomerieren. Molybdändioxid hat eine dunkelbraune Farbe und ist lose in Partikeln, was ein Zwischenprodukt der zweiten Reduktionsstufe ist.

Die zweite Stufe ist die weitere Reduktion von Molybdändioxid zu Metall-Molybdänpulver. Dieser Prozess muss bei höheren Temperaturen stattfinden, und Wasserstoff wirkt weiterhin als Reduktionsmittel und reagiert mit Molybdändioxid zu Molybdänmetall und Wasserdampf. Entscheidend ist die Konstruktion des Reduktionsofens, bei dem oft mehrere Heizzonen zum Einsatz kommen, um einen allmählichen Temperaturanstieg zu erreichen. Die Hochtemperaturreduzierung erfordert nicht nur eine reine Atmosphäre im Ofen, sondern erfordert auch eine Steuerung der Wachstumsrate der Partikel, um die Bildung von Überkorn zu vermeiden. Das fertige Molybdänpulver ist silbrig-grau, die Partikel sind fein und gleichmäßig und es hat eine gute Fließfähigkeit und Kompressibilität.

Das reduzierte Molybdänpulver muss gesiebt und sortiert werden, um sicherzustellen, dass die Partikelgröße und -verteilung den Anforderungen des Ziehprozesses entspricht. Zur Abscheidung von Pulvern unterschiedlicher Partikelgrößen werden Strömungssichter oder Vibrationssiebe eingesetzt, wobei die feinen Partikel für hochpräzise Anwendungen verwendet und die größeren Partikel wiederaufbereitet werden. Der gesamte Produktionsprozess wird in einem Reinraum oder einer kontrollierten Umgebung durchgeführt, um eine Staubkontamination oder Oxidation zu verhindern. Die Herstellung von Molybdänpulver ist nicht nur eine Kombination aus Chemie und Technik, sondern auch das ultimative Streben nach Detail und Qualität.

3.1.3 Qualitätskontrolle und Prüfung von Molybdänpulver

Die Qualität des Molybdänpulvers bestimmt direkt die Leistung des Molybdän-Sprühdrahtes, daher sind Qualitätskontrolle und -prüfung die wichtigsten Glieder bei der Herstellung von Rohstoffen. Dieser Prozess beinhaltet eine gründliche Bewertung der chemischen Zusammensetzung, der physikalischen Eigenschaften und der Mikrostruktur des Molybdänpulvers, um sicherzustellen, dass

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

es den strengen Industriestandards entspricht. Qualitätskontrolle ist nicht nur der Einsatz technischer Mittel, sondern auch das systematische Management des Produktionsprozesses, der sich durch jedes Glied vom Rohstoff bis zum fertigen Produkt zieht.

Die Detektion chemischer Bestandteile ist die primäre Aufgabe der Qualitätskontrolle. Die Reinheit von Molybdänpulver ist extrem hoch, und Spuren von Verunreinigungen können die Leistung nachfolgender Prozesse oder Endbeschichtungen beeinträchtigen. Zu den häufig verwendeten Nachweismethoden gehört die induktiv gekoppelte Plasmaemissionsspektroskopie (ICP-OES), die eine schnelle und genaue Analyse des Elementgehalts von Molybdänpulvern wie Eisen, Nickel, Kohlenstoff und Sauerstoff ermöglicht. Die Kontrolle des Sauerstoffgehalts ist besonders wichtig, da zu viel Sauerstoff dazu führen kann, dass Molybdänpulver bei hohen Temperaturen oxidiert, was den Zieh- oder Sprüheffekt beeinträchtigt. Das Inertgasschmelzverfahren ist die Standardmethode zur Messung des Sauerstoffgehalts, der durch Erhitzen einer Probe und Analyse des freigesetzten Gases genau bestimmt wird.

Getestet werden physikalische Eigenschaften, einschließlich Partikelgrößenverteilung, Topographie und Fließfähigkeit. Die Partikelgrößenverteilung beeinflusst das Verhalten von Molybdänpulver beim Pressen und Sintern, und Laser-Partikelgrößenanalysatoren werden häufig verwendet, um die Größe und Verteilung von Partikeln zu messen. Das ideale Molybdänpulver sollte eine einheitliche Partikelgröße haben, wobei zu große Partikel Formfehler verursachen können und zu feine Partikel die Fließfähigkeit beeinträchtigen können. Mit der Rasterelektronenmikroskopie (REM) wird die Morphologie von Molybdänpulver beobachtet und überprüft, ob die Partikel regelmäßig kugelförmig sind oder ob eine Agglomeration vorliegt. Der Durchflusstest wird von einem Hall-Durchflussmesser durchgeführt, um die Strömungsgeschwindigkeit des Pulvers im Trichter zu bewerten, die für die Stabilität des pulvermetallurgischen Prozesses entscheidend ist.

Zur Qualitätskontrolle gehört auch ein strenges Prozessmanagement. Jede Charge Molybdänpulver erfordert eine detaillierte Dokumentation, einschließlich der Herkunft des Rohmaterials, der Produktionsparameter und der Testergebnisse, um eine vollständige Rückverfolgbarkeit zu gewährleisten. Dieser Rückverfolgbarkeitsmechanismus hilft nicht nur, potenzielle Probleme zu identifizieren, sondern bietet auch Datenunterstützung für die Prozessoptimierung. Internationale Normen für Qualitätsmanagementsysteme, wie z. B. ISO 9001, bieten einen normativen Rahmen für die Herstellung von Molybdänpulver, der sicherstellt, dass jeder Schritt des Betriebs den festgelegten Anforderungen entspricht. Durch diese Maßnahmen sind die Hersteller in der Lage, Molybdänpulver mit gleichbleibender Qualität und hervorragender Leistung herzustellen und damit eine solide Grundlage für die Herstellung von beschichteten Molybdändrähten zu schaffen.

3.2 Molybdändraht-Umformprozess

Die Umwandlung von hochreinem Molybdänpulver in Molybdändraht zum Sprühen ist ein komplexer Prozess, der eine mehrstufige Verarbeitung vom Pulver zum Filament umfasst. Die harten und spröden Eigenschaften von Molybdän machen den Umformprozess zu einer Herausforderung und erfordern eine ausgeklügelte Ausrüstung und Prozesssteuerung, um die Festigkeit, Gleichmäßigkeit und Oberflächenqualität des Drahtes zu gewährleisten. In diesem

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Abschnitt werden die pulvermetallurgische Formtechnologie, das Molybdändrahtziehverfahren, das Glühen und Spannungsabbau sowie das Reinigen und Polieren von Oberflächen ausführlich behandelt.

3.2.1 Pulvermetallurgische Formtechnik

Die Pulvermetallurgie ist das grundlegende Verfahren der Molybdändrahtumformung, bei dem durch Pressen und Sintern von Molybdänpulver zu einem dichten Rohling Rohstoffe für das anschließende Drahtziehen bereitgestellt werden. Dieses Verfahren, das physikalische Kompression und Hochtemperaturbehandlung kombiniert, ermöglicht es, die Eigenschaften von Molybdänpulver effektiv für die Herstellung hochfester Molybdänrohlinge zu nutzen.

Der erste Schritt in der Pulvermetallurgie ist das Pressformen. Das hochreine Molybdänpulver wird in eine spezielle Stahlform verpackt und eine hydraulische Presse übt hohen Druck aus, um die Pulverpartikel fest zu einem sogenannten "grünen Knüppel" zu verdichten. Die grüne Form hat eine geringe Festigkeit und wird nur durch mechanische Passung zwischen den Partikeln erhalten, so dass bei der Handhabung und Verarbeitung besondere Sorgfalt erforderlich ist. Der Pressprozess erfordert die Kontrolle der Größe und Verteilung des Drucks, um Risse oder ungleichmäßige Dichte im Rohling zu vermeiden. Einige fortschrittliche Pressanlagen verwenden die kaltisostatische Presstechnologie, die die Dichte und Gleichmäßigkeit des grünen Knüppels weiter verbessert, indem ein gleichmäßiger Druck durch das flüssige Medium ausgeübt wird.

Daran schließt sich der Sinterprozess an, bei dem die grünen Knüppel zur Wärmebehandlung in einen Hochtemperaturofen eingespeist werden. Das Sintern wird in der Regel in einer Wasserstoff- oder Vakuumumgebung durchgeführt, um eine Molybdänoxidation bei hohen Temperaturen zu verhindern. Die Temperatur des Sinterofens wird unterhalb des Schmelzpunktes von Molybdän genau geregelt, wodurch sich die Pulverpartikel durch Diffusion zu einer starken Metallstruktur verbinden. Durch den Sinterprozess wird nicht nur die Dichte des Rohlings erhöht, sondern auch seine mechanischen Eigenschaften verbessert, so dass er einer späteren Bearbeitung standhält. Der gesinterte Molybdänrohling hat eine silbergraue Farbe, eine glatte Oberfläche und eine dichte innere Struktur, was ein idealer Ausgangspunkt für den Drahtziehprozess ist.

Gesinterte Molybdänknüppel erfordern oft weitere Warmbearbeitungen, wie z. B. Warmschmieden oder Warmwalzen, um ihre Größe und Form anzupassen. Beim Warmschmieden wird der Rohling durch Hämmern oder Extrudieren verformt, wodurch die Kornstruktur verfeinert und die Festigkeit verbessert wird. Beim Warmwalzen wird der Drahtziehprozess vorbereitet, indem der Rohling durch eine Reihe von Walzen zu schlanken Molybdänstäben gewalzt wird. Diese Warmarbeitsschritte müssen bei hohen Temperaturen durchgeführt werden, um die Duktilität von Molybdän zu verbessern und gleichzeitig Sprödbruch durch Kaltumformung zu vermeiden. Der Erfolg der Pulvermetallurgie-Technologie liegt in der Umwandlung von losem Pulver in einen zähen Metallrohling, der den Grundstein für die Umformung von Molybdändraht legt.

3.2.2 Verfahren zum Ziehen von Molybdändraht

Das Ziehen von Molybdändraht ist ein kritischer Schritt bei der Verarbeitung von Molybdänstäben

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

zu Filamenten, die die harten und spröden Eigenschaften von Molybdän überwinden müssen, um sicherzustellen, dass der Draht einen gleichmäßigen Durchmesser und eine glatte Oberfläche hat. Der Ziehprozess gliedert sich in zwei Methoden: das Singlemode-Drahtziehen und das Multimode-Endlosdrahtziehen, die jeweils ihre eigenen Anwendungsszenarien und Eigenschaften aufweisen.

3.2.2.1 Drahtziehen mit einer Matrize

Das Ziehen von Einzelmatrizendraht ist ein hochpräzises Verarbeitungsverfahren, das sich für die Kleinserienproduktion oder Szenarien mit extrem hohen Anforderungen an die Drahtgröße eignet. Beim Einmatrizendrahtziehen wird der Molybdänstab zur Verbesserung seiner Duktilität vorgewärmt und anschließend mit einer Drahtziehmaschine durch eine Hartmetall- oder Diamantmatrize gezogen. Die Öffnung der Form ist etwas kleiner als der Durchmesser des Molybdänstabs, und der Molybdänstab wird durch Zugkraft verformt, um seinen Querschnitt allmählich zu verringern. Nach jeder Zeichnung nimmt der Durchmesser des Molybdändrahtes leicht ab, und es sind mehrere Züge erforderlich, um die Zielgröße zu erreichen.

Der Vorteil des Einlochdrahtziehens liegt in seiner hohen Präzision und Flexibilität. Die Werkzeug- und Prozessparameter können für jede Zeichnung individuell angepasst werden, um die Größe und Oberflächenqualität des Drahtes zu gewährleisten. Schmiermittel spielen eine Schlüsselrolle im Drahtziehprozess, und zu den häufig verwendeten Schmiermitteln gehören Graphitemulsion oder Molybdändisulfid, die die Reibung zwischen der Matrize und dem Molybdändraht verringern, die Lebensdauer der Matrize verlängern und die Oberflächengüte des Drahtes verbessern können. Der Nachteil des Drahtziehens mit einer Matrize besteht darin, dass der Wirkungsgrad gering ist und nach jedem Ziehen manuell bedient werden muss, um die Form auszutauschen oder die Ausrüstung anzupassen, was für die Luft- und Raumfahrt und andere Bereiche mit extrem hohen Qualitätsanforderungen geeignet ist.

3.2.2.2 Multimode-kontinuierliches Drahtziehen

Das kontinuierliche Multimode-Drahtziehen ist ein effizientes industrielles Produktionsverfahren, das für die Großserienproduktion von Molybdän-Spritzdraht geeignet ist. Bei diesem Verfahren wird der Molybdänstab kontinuierlich durch eine Reihe von Formen gezogen, von denen jede eine allmähliche Abnahme des Porendurchmessers aufweist. Die Drahtziehmaschine ist mit mehreren Stanzsockeln und Zugvorrichtungen ausgestattet, und der Molybdändraht gelangt sofort nach dem Durchlaufen einer Matrize in die nächste Werkzeuge, um eine kontinuierliche Verarbeitung zu erreichen. Das Multimode-Ziehen verfügt über einen hohen Automatisierungsgrad und gewährleistet die Gleichmäßigkeit und Stabilität des Drahtes durch eine präzise Zugregelung und ein Kühlsystem.

Der Schlüssel zum Multimode-Zeichnen liegt in der Auslegung der Werkzeugsequenz und der Abstimmung der Prozessparameter. Die abnehmende Porengröße der Matrize erfordert eine wissenschaftliche Planung, um Drahtbrüche oder Defekte während des Ziehprozesses zu vermeiden. Das Kühlsystem ist in der Regel wasser- oder luftgekühlt, um zu verhindern, dass der Molybdändraht durch zu hohe Temperaturen während des Ziehvorgangs versprödet wird. Entscheidend ist auch eine kontinuierliche Schmierstoffversorgung, bei der häufig Schmierstoff

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

über ein Umlaufsystem auf die Werkzeug- und Drahtoberflächen gesprüht wird. Die Produktionseffizienz des kontinuierlichen Multimode-Drahtziehens ist viel höher als die des Singlemode-Drahtziehens, das sich für Szenarien eignet, die eine großflächige Versorgung erfordern, wie z. B. in der Automobilindustrie oder bei Energieanlagen.

3.2.3 Glühen und Spannungsabbau von Molybdändraht

Durch den Ziehprozess werden Eigenspannungen in das Molybdändraht eingebracht, die bei der späteren Verarbeitung oder Verwendung zu Rissen oder Brüchen führen können. Glühen und Spannungsabbau sind wesentliche Schritte, um die Kristallstruktur von Molybdändraht durch Wärmebehandlung wiederherzustellen und seine Duktilität und Zähigkeit zu verbessern.

Das Glühen wird in der Regel in einem vakuum- oder wasserstoffgeschützten Ofen durchgeführt, um eine Oxidation der Oberfläche des Molybdändrahtes zu verhindern. Molybdändraht wird langsam auf eine bestimmte Temperatur erhitzt, für eine gewisse Zeit gehalten und dann allmählich abgekühlt. Durch diesen Prozess werden die Körner neu angeordnet, wodurch Versetzungen und Spannungskonzentrationen vermieden werden, die sich während des Ziehvorgangs bilden. Die Wahl der Glühtemperatur ist entscheidend, da eine zu hohe Temperatur dazu führen kann, dass das Korn zu groß wird und die Festigkeit des Drahtes verringert, während eine zu niedrige Temperatur die Spannung nicht wirksam abbaut. Einige fortschrittliche Glühprozesse verwenden eine stufenweise Erwärmung, um die Mikrostruktur des Drahtes über mehrere Temperaturstufen hinweg schrittweise anzupassen und so seine Eigenschaften zu optimieren.

Das Wasserstoffglühen ist eine häufig verwendete Methode, die nicht nur eine Schutzatmosphäre bietet, sondern auch mit Spurenoxiden auf der Oberfläche reagiert, um die Oberfläche des Molybdändrahtes weiter zu reinigen. Das Vakuumglühen eignet sich eher für hochpräzise Anwendungen, da es frei von gasförmigen Verunreinigungen ist und die Reinheit des Drahtes sicherstellt. Der geglühte Molybdändraht hat eine deutlich verbesserte Flexibilität und einen besseren Oberflächenglanz, der die anspruchsvollen Anforderungen des Sprühprozesses an die Leistung des Drahtes erfüllen kann.

3.2.4 Oberflächenreinigung und -politur

Nach dem Ziehen und Glühen können Schmiermittel, Oxide oder andere Verunreinigungen auf der Oberfläche von Molybdändraht verbleiben, was die Stabilität des Sprühprozesses und die Qualität der Beschichtung beeinträchtigen kann. Das Reinigen und Polieren der Oberfläche ist der letzte Schritt bei der Formung von Molybdändraht, der darauf abzielt, eine glatte, makellose Drahtoberfläche zu schaffen.

Der Reinigungsprozess umfasst in der Regel eine chemische Reinigung und eine Ultraschallreinigung. Bei der chemischen Reinigung werden milde saure oder alkalische Lösungen wie verdünnte Salzsäure oder Natriumhydroxid verwendet, um Oxidschichten und organische Rückstände von der Oberfläche zu entfernen. Nach der Reinigung muss der Molybdändraht gründlich mit entionisiertem Wasser abgespült werden, um chemische Rückstände zu vermeiden. Bei der Ultraschallreinigung werden hochfrequente Schallwellen verwendet, um winzige Blasen in

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

einer Flüssigkeit zu erzeugen, die mit einer Aufprallkraft platzen, die mikrometergroße Partikel und Öl effektiv entfernt. Die Ultraschallreinigung eignet sich besonders für komplexe Formen von Drähten und stellt sicher, dass jeder Zentimeter der Oberfläche sauber und makellos ist.

Das Polieren ist ein entscheidender Schritt zur Verbesserung der Oberflächenqualität von Molybdändraht und kann durch mechanisches oder elektrochemisches Polieren erreicht werden. Beim mechanischen Polieren werden feine Schleifmittel wie Aluminiumoxid oder Diamantpulver verwendet, um die Oberfläche des Drahtes mit einer rotierenden Bürste oder einem Schleifband zu polieren und so einen Spiegeleffekt zu erzielen. Durch elektrochemisches Polieren wird der Molybdändraht in einen Elektrolyten gelegt, der als Anode fungiert, und die mikroskopisch kleinen Vorsprünge auf der Oberfläche werden bevorzugt aufgelöst, was zu einer glatten Oberfläche führt. Der polierte Molybdändraht hat nicht nur ein glänzendes Aussehen, sondern reduziert auch die Spritzer von geschmolzenen Tröpfchen während des Sprühvorgangs und verbessert die Gleichmäßigkeit der Beschichtung.

3.3 Spezielle Verarbeitung für Molybdän-Spritzdraht

Molybdän-Spritzdraht erfordert eine spezielle Verarbeitung, um die einzigartigen Anforderungen des thermischen Spritzprozesses zu erfüllen. Diese Behandlungen umfassen die Oberflächenaktivierung, die Anpassung der Spezifikationen und die Oberflächenmodifikation, um die Leistung des Drahtes während des Sprühprozesses zu optimieren und die Beschichtungsqualität und Produktionseffizienz sicherzustellen.

3.3.1 Oberflächenaktivierungsbehandlung für Molybdändraht

Die Oberflächenaktivierungsbehandlung dient dazu, die chemische Aktivität und die physikalischen Eigenschaften der Oberfläche des Molybdändrahtes zu verbessern, wodurch er während des Sprühvorgangs leichter geschmolzen und gleichmäßige Tröpfchen gebildet werden kann. Die Aktivierung kann durch chemische, plasmatische oder mechanische Methoden erreicht werden, von denen jedes seine eigenen einzigartigen Vorteile hat.

Bei der chemischen Aktivierung werden in der Regel verdünnte Säuren oder Laugen verwendet, um Molybdändraht zu tränken, Oberflächenoxide zu entfernen und die Oberflächenrauheit zu erhöhen. Diese Behandlung macht die Oberfläche des Molybdändrahts hydrophiler, was die Bildung und den Ausstoß von geschmolzenen Tröpfchen unterstützt. Bei der Plasmaaktivierung wird Niedertemperaturplasma verwendet, um die Oberfläche des Drahtes zu bombardieren, aktive funktionelle Gruppen einzuführen und die chemische Reaktivität der Oberfläche zu verbessern. Dieses Verfahren eignet sich besonders für hochpräzises Sprühen, da es weder die Abmessungen noch die mechanischen Eigenschaften des Drahtes verändert. Die mechanische Aktivierung erhöht die Oberflächenrauheit und verbessert die Haftung der geschmolzenen Tröpfchen durch Mikrostrahlen oder Frosten.

Der Aktivierungsprozess muss die geeignete Methode entsprechend der Sprühausrüstung und dem Anwendungsszenario auswählen. So ist beispielsweise beim Sprühen in der Luft- und Raumfahrt eine extrem hohe Beschichtungsqualität erforderlich, oft mit Plasmaaktivierung, um sicherzustellen,

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

dass die Filamentoberfläche sauber und hochaktiv ist. Der aktivierte Molybdändraht kann die Sprüheffizienz und die Haftfestigkeit der Beschichtung erheblich verbessern.

3.3.2 Anpassung der Spezifikation von Molybdändraht zum Sprühen

Die Vielfalt der Sprühgeräte erfordert Molybdändraht mit kundenspezifischen Spezifikationen, einschließlich Durchmesser, Länge und Zusammensetzung. Die Anpassung der Spezifikationen spiegelt die enge Zusammenarbeit des Herstellers mit dem Kunden wider, um sicherzustellen, dass das Filament perfekt auf das Sprühsystem abgestimmt ist.

Der Durchmesser des Molybdändrahtes wirkt sich direkt auf die Drahtvorschubgeschwindigkeit und das Schmelzverhalten aus. Dünnere Filamente eignen sich für hochpräzises Sprühen und können eine dünne und gleichmäßige Beschichtung bilden; Gröbere Filamente eignen sich für hocheffizientes Sprühen und können schnell große Flächen von Substraten abdecken. Der Draht wird in der Regel in Rollen mit Längen geliefert, die auf die Bedürfnisse der Ausrüstung zugeschnitten sind, um ein ununterbrochenes Sprühen zu gewährleisten. Die Verpackung besteht aus vakuumversiegelten Plastiktüten oder Metallbehältern, um zu verhindern, dass der Draht feucht wird oder oxidiert.

Die Anpassung der Zutaten ist ein weiterer wichtiger Aspekt. Einige Sprühanwendungen erfordern Molybdändraht, der mit Seltenerdelementen wie Lanthan oder Cer dotiert ist, um die Oxidationsbeständigkeit oder Duktilität zu verbessern. Der Dotierungsprozess wird vor dem Drahtziehen abgeschlossen und durch Anpassen der Molybdänpulverformulierung erreicht. Kundenspezifische Spezifikationen verbessern nicht nur die Sprühergebnisse, sondern verlängern auch die Lebensdauer der Geräte und senken die Wartungskosten.

3.3.3 Technologie zur Oberflächenmodifikation von Molybdändraht

Die Oberflächenmodifikationstechnologie optimiert die Beschichtungsleistung von Molybdändraht weiter, indem seine chemischen oder physikalischen Eigenschaften verändert werden. Zu diesen Technologien gehören Silikonisierung, Dotierungsmodifikation und Vorbeschichtungsbehandlungen für Probleme wie Hochtemperaturoxidation oder Tröpfcheninstabilität beim Sprühen.

Der Silikonisierungsprozess findet in einer Hochtemperatur-Siliziumatmosphäre statt, um eine Schutzschicht aus Molybdänsilizid ($MoSi_2$) zu bilden. Diese Schutzschicht ist wirksam gegen Hochtemperaturoxidation und verlängert die Lebensdauer des Drahtes während des Sprühvorgangs. Die Dotierungsmodifikation verfeinert die Kornstruktur und verbessert die Stabilität bei hohen Temperaturen, indem Seltenerd- oder Alkalimetallelemente in die Oberfläche des Drahtes eingebracht werden. Bei der Vorbeschichtung wird ein dünner Film, wie z.B. Aluminiumoxid oder Zirkonoxid, auf die Oberfläche des Drahtes aufgebracht, um die Bildung von Oxiden während des Sprühvorgangs zu reduzieren.

Diese Modifikationstechnologien müssen eng in den Sprühprozess integriert werden, um sicherzustellen, dass die modifizierte Schicht den Drahtvorschub oder das Schmelzverhalten des

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Drahtes nicht beeinträchtigt. Durch Oberflächenmodifikation kann Molybdändraht in rauen Sprühumgebungen gut funktionieren und die anspruchsvollen Anforderungen der Luftfahrt, des Energiesektors und anderer Bereiche erfüllen.

3.4 Ablauf des Sprühens

Der Sprühprozess ist der Kernprozess des Schmelzens und Abscheidens von Molybdändraht auf der Oberfläche des Substrats, der in drei Stufen unterteilt ist: Substratvorbehandlung, thermische Spritztechnologie und Nachbehandlung. Jede Stufe spielt eine entscheidende Rolle für die Qualität und Leistung der Beschichtung.

3.4.1 Oberflächenvorbehandlung von Untergründen

Die Beschaffenheit der Substratoberfläche hat einen direkten Einfluss auf die Haftung und Haltbarkeit der Beschichtung. Bei der Vorbehandlung werden mechanische, chemische und Ultraschallverfahren eingesetzt, um die Oberfläche des Substrats zu reinigen und zu optimieren und ideale Bedingungen für das Sprühen zu schaffen.

3.4.1.1 Mechanisches Sandstrahlen

Beim mechanischen Strahlen wird mit hoher Geschwindigkeit Strahlmittel wie Aluminiumoxid oder Siliziumkarbid gestrahlt, um die Oberfläche des Substrats zu beeinflussen, die Rauheit zu erhöhen und Verunreinigungen wie Oxide, alte Beschichtungen und mehr zu entfernen. Der Strahlprozess erfordert eine präzise Steuerung des Strahlmitteltyps, des Strahldrucks und des Winkels, um Schäden am Substrat zu vermeiden. Die raue Oberfläche verbessert die mechanische Haftung der Beschichtung auf dem Substrat und verbessert die Haftung. Das Sandstrahlen eignet sich für harte Untergründe wie Stahl und Nickelbasislegierungen und ist eine gängige Methode zur Sprühvorbehandlung.

3.4.1.2 Chemische Reinigung

Bei der chemischen Reinigung werden Lösungsmittel oder alkalische Lösungen verwendet, um Öle, Schmiermittel und andere organische Stoffe von der Oberfläche des Substrats zu entfernen. Zu den häufig verwendeten Reinigungsmitteln gehören Ethanol-, Aceton- oder Natriumhydroxidlösungen, die nach der Reinigung mit entionisiertem Wasser gespült werden, um sicherzustellen, dass keine Rückstände entstehen. Die chemische Reinigung eignet sich für Untergründe mit komplexen Formen und ist in der Lage, tief in Spalten und Löcher einzudringen, um eine gründlich saubere Oberfläche zu gewährleisten. Bei diesem Prozess muss auf die Auswahl der Reinigungsmittel geachtet werden, um Korrosion des Untergrunds zu vermeiden.

3.4.1.3 Ultraschallreinigung

Bei der Ultraschallreinigung werden hochfrequente Schallwellen verwendet, um winzige Blasen in der Flüssigkeit zu erzeugen, die mit einer Aufprallkraft platzen, die winzige Partikel und Rückstände von der Oberfläche des Substrats ablöst. Die Ultraschallreinigung eignet sich besonders für empfindliche Bauteile wie Triebwerksschaufeln oder Teile von Halbleiteranlagen. Die Reinigungslösung ist in der Regel deionisiertes Wasser oder ein mildes Reinigungsmittel, und die Reinigungszeit und -häufigkeit müssen entsprechend den Eigenschaften des Substrats angepasst

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

werden, um Reinigungsergebnisse zu gewährleisten, ohne die Oberfläche zu beschädigen.

3.4.2 Thermische Spritztechnik

Bei der thermischen Spritztechnologie wird Molybdändraht bei hohen Temperaturen auf die Oberfläche des Substrats geschmolzen und gesprüht, um eine Schutzschicht zu bilden. Zu den häufig verwendeten thermischen Spritzverfahren gehören das Flammspritzen, das Plasmaspritzen, das Lichtbogenspritzen und das sauerstoffbetriebene Hochgeschwindigkeitsspritzen (HVOF).

3.4.2.1 Verfahren des Flammspritzens

Beim Flammspritzen wird der Molybdändraht mit einer Sauerstoff-Acetylen-Flamme zum Schmelzen oder Halbschmelzen erhitzt, der dann mit Druckluft auf die Oberfläche des Substrats gesprüht wird. Die Flammspritzanlage ist einfach und flexibel zu bedienen, was sich für den Aufbau vor Ort oder das Spritzen von großen Bauteilen eignet. Aufgrund der niedrigeren Flammentemperatur ist jedoch die Beschichtungsporosität höher und die Haftung relativ schwach, was für Szenarien mit geringen Leistungsanforderungen, wie z. B. die Reparatur mechanischer Teile, geeignet ist.

3.4.2.2 Verfahren des Plasmaspritzens

Beim Plasmaspritzen wird durch einen Lichtbogen ein Hochtemperaturplasma (bis zu 15.000 °C) erzeugt, das den Molybdändraht schnell schmilzt und mit hoher Geschwindigkeit auf die Oberfläche des Substrats sprüht. Durch das Plasmaspritzen entsteht eine dichte, klebende Beschichtung für Hochleistungsanwendungen wie die Luft- und Raumfahrt und Energieanlagen. Eine präzise Steuerung der Prozessparameter, einschließlich der Plasmagasart, der Stromstärke und der Sprühentfernung, ist von entscheidender Bedeutung.

3.4.2.3 Verfahren des Lichtbogenspritzens

Beim Lichtbogenspritzen wird eine Lichtbogenheizung zwischen zwei Molybdändrähten verwendet, um den Draht zu schmelzen und durch Druckluft auf das Substrat zu sprühen. Das Lichtbogenspritzen hat eine hohe Abscheideleistung und eignet sich für großflächiges Sprühen, wie z.B. Brückenstahlkonstruktionen oder Schiffsbauteile. Die Beschichtungsqualität hängt von der Abstimmung der Lichtbogenstabilität und der Drahtvorschubgeschwindigkeit ab, und die richtige Prozessabstimmung kann die Beschichtungsleistung erheblich verbessern.

3.4.2.4 Autogensprühen mit hoher Geschwindigkeit (HVOF)

Beim HVOF-Sprühen wird durch die Verbrennung von Sauerstoff und Kraftstoff (z. B. Kerosin) eine Flamme mit hoher Geschwindigkeit erzeugt, die geschmolzenen Molybdändraht mit Überschallgeschwindigkeit auf das Substrat einspritzt. HVOF-Beschichtungen haben eine extrem geringe Porosität, eine hohe Härte und Haftung und sind damit die erste Wahl für High-End-Anwendungen wie Flugzeugtriebwerke und Gasturbinen. Die Prozesskomplexität ist hoch, aber aufgrund seiner überlegenen Beschichtungseigenschaften in kritischen Bereichen unverzichtbar.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

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/cm³
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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

3.4.3 Behandlung nach dem Sprühen

Die Nachspritzbehandlung wurde entwickelt, um die Leistung von Beschichtungen zu optimieren, einschließlich Wärmebehandlung, Polieren und Versiegelungsbehandlungen.

3.4.3.1 Wärmebehandlung und Glühen

Die Wärmebehandlung verbessert das Gefüge, indem die Beschichtung im Vakuum oder in der Schutzatmosphäre erhitzt wird, wodurch Eigenspannungen beseitigt werden. Der Glühprozess stärkt die Haftung der Beschichtung auf dem Substrat und verbessert die Temperaturwechselbeständigkeit. Die Temperatur und die Haltezeit der Wärmebehandlung müssen entsprechend der Schichtdicke und den Substrateigenschaften angepasst werden, um Leistungseinbußen durch Überhitzung zu vermeiden.

3.4.3.2 Beschichtung, Polieren und Veredeln

Durch das Polieren wird die Oberfläche der Beschichtung durch mechanische oder elektrochemische Verfahren geglättet, wodurch Rauheit und Reibung reduziert werden. Beim mechanischen Polieren werden Diamantschleifmittel verwendet, während beim elektrochemischen Polieren durch Elektrolyse ein Spiegeleffekt erzielt wird. Die polierte Beschichtung schneidet bei Gleitteilen wie Kolbenringen besser ab und verlängert die Lebensdauer erheblich.

3.4.3.3 Behandlung von Beschichtungsversiegelungen

Bei Versiegelungsbehandlungen werden organische (z. B. Epoxid) oder anorganische (z. B. Kieselsäure) Dichtstoffe verwendet, um die Poren der Beschichtung zu füllen und das Eindringen korrosiver Medien zu verhindern. Dichtungsbehandlungen eignen sich besonders für Beschichtungen in maritimen oder chemischen Umgebungen und können die Haltbarkeit erheblich verbessern. Die Wahl des Dichtstoffs basiert auf der Verträglichkeit mit der Beschichtung, um eine Langzeitstabilität zu gewährleisten.

3.5 Optimierung des Produktionsprozesses von Molybdän-Spritzdraht

Die Prozessoptimierung ist der Schlüssel zur Verbesserung der Qualität und Effizienz von Molybdän-Spritzdraht, einschließlich Parameterkontrolle, Qualitätssicherung und umweltfreundlicher Fertigung.

3.5.1 Optimierung und Steuerung von Prozessparametern

Die Prozessoptimierung verbessert die Produktkonsistenz und -leistung durch die Anpassung von Parametern beim Drahtziehen, Sprühen und mehr. Zum Beispiel ist es während des Ziehvorgangs notwendig, die Ziehgeschwindigkeit und die Spannung auszugleichen, um sicherzustellen, dass der Draht gleichmäßig ist; Während des Sprühvorgangs ist es notwendig, den Sprühabstand und den Gasfluss zu optimieren, um die Beschichtungsqualität zu verbessern. Das Echtzeit-Überwachungssystem sorgt für stabile Parameter und verbessert die Produktionseffizienz durch Sensoren und Feedback-Mechanismen.

3.5.2 Qualitätssicherungssystem

Das Qualitätssicherungssystem erstreckt sich auf den gesamten Prozess vom Rohstoff bis zum fertigen Produkt nach der Norm ISO 9001. Einschließlich Prüfung der Reinheit des Rohmaterials,

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

der Prüfung der Drahtgröße und der Prüfung der Beschichtungsleistung. Der Mechanismus zur Chargenrückverfolgbarkeit stellt sicher, dass Probleme zurückverfolgt werden können und der Prozess kontinuierlich verbessert wird. Qualitätssicherung ist nicht nur eine technische Anforderung, sondern auch ein Spiegelbild der Unternehmensreputation.

3.5.3 Umweltfreundliche Fertigung und energiesparende Technologien

Green Manufacturing konzentriert sich auf Energieeinsparung, Emissionsreduzierung und Ressourcenrecycling. Effiziente Geräte werden eingesetzt, um den Energieverbrauch zu senken, versprühte Molybdänpartikel zurückzugewinnen und Abfall zu reduzieren. Reduzieren Sie die Kohlenstoffemissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien für den Betrieb von Produktionsanlagen. Green Manufacturing erfüllt nicht nur die Anforderungen des Umweltschutzes, sondern steigert auch die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen auf dem Markt.

3.6 Wichtige technische Punkte

Die Produktionstechnologie von Molybdän-Sprühdraht ist ein High-End-Herstellungsverfahren, das Materialwissenschaft, Maschinenbau und Oberflächenbehandlungstechnologie integriert, dessen Kern darin besteht, die hohe Reinheit von Molybdändraht, die hervorragende Leistung der Beschichtung sowie die Effizienz und Konsistenz des Beschichtungsprozesses sicherzustellen. In diesem Abschnitt werden die drei wichtigsten technischen Punkte der Vorbereitung von hochreinem Molybdändraht, der Qualitätskontrolle der Spritzbeschichtung sowie der Sprüheffizienz und -konsistenz detailliert betrachtet und aufgezeigt, wie diese Technologien eine wichtige Rolle bei der Herstellung von Molybdän-Spritzdraht spielen.

3.6.1 Aufbereitungstechnik für hochreinen Molybdändraht

Hochreiner Molybdändraht ist die Grundlage des Sprühprozesses, und seine Aufbereitungstechnologie bestimmt direkt die physikalischen Eigenschaften, die chemische Stabilität und die Sprühwirkung des Drahtes. Als hochschmelzendes, korrosionsbeständiges Übergangsmetall muss Molybdän seine harten und spröden Eigenschaften und seine hohe Empfindlichkeit gegenüber Sauerstoff überwinden, um Draht mit hoher Reinheit und stabiler Leistung herzustellen.

Die Aufbereitung von hochreinem Molybdändraht beginnt mit der Verarbeitung von hochreinem Molybdänpulver. Wie bereits erwähnt, wird Molybdänpulver durch Reduktion von Molybdänoxid durch Wasserstoff gewonnen, aber seine Reinheit und Partikeleigenschaften müssen weiter optimiert werden, um den Anforderungen des Drahtziehprozesses gerecht zu werden. Während des Aufbereitungsprozesses muss Molybdänpulver streng gesiebt und sortiert werden, um über- oder untergroße Partikel zu entfernen und eine gleichmäßige Partikelverteilung zu gewährleisten. Diese Gleichmäßigkeit ist für das anschließende Pressen und Sintern unerlässlich, da jede ungleichmäßige Körnung zu inneren Defekten im Knüppel führen kann, die wiederum die Festigkeit und Duktilität des Drahtes beeinträchtigen können.

Beim Pressen von Molybdänpulver erfolgt die kaltisostatische Presstechnologie, und das Pulver wird durch gleichmäßigen Druck durch ein flüssiges Medium zu einem grünen Knüppel verdichtet.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Dieses Verfahren verbessert die Dichte und strukturelle Konsistenz des Rohlings im Vergleich zum herkömmlichen unidirektionalen Pressen erheblich. Die gepressten grünen Knüppel werden einem Hochtemperatur-Sinterofen zugeführt, wo sie in einer Wasserstoff- oder Vakuumumgebung bis nahe an den Schmelzpunkt von Molybdän erhitzt werden. Durch den Sinterprozess werden die Pulverpartikel nicht nur in eine starke Metallstruktur eingebunden, sondern auch die innere Porosität durch die Rekombination und Diffusion der Körner beseitigt. Bei der Konstruktion des Sinterofens sollten die Reinheit der Atmosphäre und die Gleichmäßigkeit der Temperatur berücksichtigt werden, um Oxidation oder abnormales Getreidewachstum zu verhindern.

Der gesinterte Molybdänknüppel muss durch Warmschmieden oder Warmwalzen zu schlanken Molybdänstäben verarbeitet werden, um den Drahtziehprozess vorzubereiten. Durch das Warmschmieden wird die Kornstruktur des Rohlings dichter und seine Duktilität durch wiederholtes Hämmern oder Extrudieren verbessert. Beim Warmwalzen wird eine Reihe von Walzen verwendet, um den Durchmesser des Knüppels allmählich zu verringern und Molybdänstäbe herzustellen, die für das Drahtziehen geeignet sind. Der gesamte thermische Prozess muss bei hohen Temperaturen durchgeführt werden, um die Sprödigkeit von Molybdän zu verringern, aber zu hohe Temperaturen können zur Oberflächenoxidation führen, so dass er unter Schutzatmosphäre betrieben werden muss.

Das Drahtziehen ist das Kernglied der hochreinen Molybdändrahtvorbereitung, und der Molybdänstab wird durch Singlemode- oder Multimode-Drahtziehverfahren zu Filament verarbeitet. Das Ziehen mit einer einzigen Matrize eignet sich für die Herstellung von hochpräzisen Drähten in kleinen Stückzahlen, und die Matrize und das Schmiermittel müssen für jede Zeichnung sorgfältig angepasst werden, um sicherzustellen, dass die Drahtoberfläche glatt und rissfrei ist. Das kontinuierliche Drahtziehen in mehreren Modi eignet sich eher für die Großserienproduktion, und eine effiziente Verarbeitung kann durch automatisierte Anlagen erreicht werden. Im Ziehprozess sind die Auswahl der Schmierstoffe und die Steuerung der Drahtvorschubgeschwindigkeit besonders wichtig, und häufig verwendete Schmierstoffe wie Graphitemulsion oder Molybdändisulfid können den Werkzeugverschleiß effektiv reduzieren und die Drahtqualität verbessern. Der gezogene Molybdändraht muss geglüht werden, um innere Spannungen zu beseitigen und die Stabilität der Kristallstruktur wiederherzustellen, um sicherzustellen, dass er während des Sprühvorgangs gute mechanische Eigenschaften aufweist.

Die Aufbereitungstechnologie von hochreinem Molybdändraht erfordert nicht nur die Präzision des Prozesses, sondern auch die umfassende Kontrolle von Rohstoffen, Ausrüstung und Umwelt. So muss beispielsweise die Produktionshalle sauber gehalten werden, um zu verhindern, dass Staub oder Verunreinigungen den Draht verunreinigen. Die Drahtziehausrüstung muss regelmäßig kalibriert werden, um die Genauigkeit des Düsenlochdurchmessers zu gewährleisten. Zusammen bestimmen diese Details die Qualität von Molybdändraht und ermöglichen es ihm, die Anforderungen von High-End-Anwendungen wie der Luft- und Raumfahrt und der Automobilindustrie zu erfüllen.

3.6.2 Qualitätskontrolle von Spritzbeschichtungen

Die Qualität der Spritzbeschichtung ist ein wichtiger Indikator, um das technische Niveau der

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Herstellung von Molybdän-Spritzdraht zu messen. Hochwertige Beschichtungen erfordern eine hervorragende Haftung, eine gleichmäßige Dicke sowie eine gute Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit. Die Qualitätskontrolle der Beschichtung ist bei jedem Schritt des Sprühprozesses vorhanden, von der Vorbehandlung des Substrats über die Anpassung der Beschichtungsparameter bis hin zur Beschichtungsinspektion, um sicherzustellen, dass das Endprodukt den strengen Industriestandards entspricht.

Die Substratvorbehandlung ist der Ausgangspunkt für die Qualitätskontrolle der Beschichtung. Die Sauberkeit und Rauheit der Substratoberfläche wirken sich direkt auf die Haftung der Beschichtung aus, so dass es notwendig ist, Öl, Oxide und andere Verunreinigungen durch Methoden wie mechanisches Strahlen, chemische Reinigung und Ultraschallreinigung gründlich zu entfernen. Beim Sandstrahlen wird die Rauheit der Oberfläche des Substrats erhöht, indem ein Strahlmittel (z. B. Aluminiumoxid) mit hoher Geschwindigkeit gespritzt wird, wodurch eine mikroskopisch kleine konkav-konvexe Struktur entsteht, die die mechanische Verbindung der Beschichtung mit dem Substrat erleichtert. Bei der chemischen Reinigung werden milde Lösungsmittel oder Laugen verwendet, um organische Verunreinigungen zu entfernen, während bei der Ultraschallreinigung der Platzeffekt winziger Blasen, die durch hochfrequente Schallwellen erzeugt werden, verwendet wird, um winzige Partikel zu entfernen, die schwer zu erreichen sind. Diese Vorbehandlungsschritte müssen je nach Material und Form des Substrats individuell gestaltet werden, um einen idealen Oberflächenzustand zu gewährleisten.

Die Parameterkontrolle im Sprühprozess ist das Herzstück des Qualitätsmanagements. Die Betriebsparameter von Sprühgeräten, wie z. B. Lichtbogenspritzpistolen oder Plasmaspritzanlagen, einschließlich Sprühabstand, Gasfluss, Stromstärke und Drahtvorschubgeschwindigkeit, müssen genau aufeinander abgestimmt sein. Wenn Sie beispielsweise zu dicht beieinander sprühen, kann dies zu einer Überhitzung der Beschichtung und zu Rissen führen, während ein zu weit entferntes Sprühen dazu führen kann, dass die Tröpfchen zu schnell abkühlen und die Haftung verringert wird. Die Regelung des Gasflusses beeinflusst die Einspritzrate und die Abscheidungseffizienz von geschmolzenen Tröpfchen, während die Wahl der Stromstärke den Schmelzgrad von Molybdändraht bestimmt. Moderne Sprühgeräte sind oft mit einem Echtzeit-Überwachungssystem ausgestattet, das Daten wie Temperatur, Druck und Geschwindigkeit über Sensoren erfasst und Parameter rechtzeitig anpasst, um die Prozessstabilität zu gewährleisten.

Die Qualitätsprüfung von Beschichtungen ist die letzte Verteidigungslinie für die Qualitätskontrolle. Zu den häufig verwendeten Prüfmethoden gehören die mikrostrukturelle Analyse, die Adhäsionsprüfung und die Bewertung der Abriebfestigkeit. Die Rasterelektronenmikroskopie (REM) wird verwendet, um die mikroskopische Topographie von Beschichtungen zu beobachten und auf das Vorhandensein von Poren, Rissen oder ungeschmolzenen Partikeln zu prüfen. Bei der Adhäsionsprüfung wird die Festigkeit einer Beschichtung auf einem Substrat durch einen Zug- oder Schertest bewertet, der üblicherweise nach der Norm ASTM C633 verwendet wird. Die Abriebfestigkeitsprüfung simuliert den Verschleiß der Beschichtung im realen Einsatz, und die Haltbarkeit der Beschichtung wird mit einer Reibungsprüfmaschine gemessen. Darüber hinaus werden die Dicke und Gleichmäßigkeit der Beschichtung durch Ultraschall-Dickenmessgerät oder

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Röntgenfluoreszenzanalyse bewertet, um die Einhaltung der Designanforderungen sicherzustellen.

Die Qualitätskontrolle von Beschichtungen erfordert auch die Etablierung eines umfassenden Qualitätsmanagementsystems. Jede Produktionscharge muss detailliert dokumentiert werden, einschließlich Rohstoffinformationen, Prozessparametern und Testergebnissen, um eine vollständige Rückverfolgbarkeit zu gewährleisten. Internationale Normen wie die ISO 9001 bieten einen normativen Rahmen für das Qualitätsmanagement, der die Stabilität des Produktionsprozesses und die Konsistenz der Produkte durch regelmäßige Audits und kontinuierliche Verbesserung sicherstellt. Dieser systematische Ansatz zur Qualitätskontrolle ermöglicht es, Beschichtungen aus Molybdän-Spritzdraht für die Anforderungen anspruchsvoller Anwendungen zu erfüllen, wie z. B. verschleißfeste Beschichtungen für Gasturbinenschaufeln oder Kolbenringe für Automobile.

3.6.3 Effizienz und Konsistenz des Sprühens

Die Effizienz und Konsistenz des Sprühens sind wichtige Aspekte in der Produktionstechnologie, die sich direkt auf die Produktionskosten und die Produktqualität auswirken. Ein effizienter Sprühprozess ermöglicht es, großflächig in kurzer Zeit zu schichten, während die Konsistenz eine gleichbleibende Beschichtungsleistung für jedes Bauteil gewährleistet und Defekte durch Prozessschwankungen vermeidet.

Die Verbesserung der Sprüheffizienz hängt von der Optimierung der Ausrüstung und der Verbesserung der Prozesse ab. Moderne Sprühsysteme verwenden eine Hochleistungswärmequelle wie Plasma oder HVOF, um den Molybdändraht schnell zu schmelzen und einen Schmelztropfstrom mit hoher Geschwindigkeit zu bilden, was zu höheren Abscheideraten führt. Die Einführung eines automatisierten Drahtvorschubsystems hat die Effizienz erheblich verbessert, da es in der Lage ist, Molybdändraht mit einer konstanten Geschwindigkeit und einem konstanten Winkel im Vergleich zur manuellen Drahtzuführung zuzuführen, wodurch der Fehler der menschlichen Bedienung reduziert wird. Die Effizienz wird durch den Einsatz von Sprührobotern weiter gesteigert, die in der Lage sind, die Pistole präzise entlang einer voreingestellten Bahn zu bewegen, um die Oberfläche komplex geformter Substrate für einen schnellen und gleichmäßigen Beschichtungsauftrag zu bedecken.

Um Konsistenz zu erreichen, sind eine Reihe von Ansätzen erforderlich. Zunächst einmal muss die Qualität des Molybdändrahtes stabil sein, einschließlich der Gleichmäßigkeit des Durchmessers, der Oberflächenbeschaffenheit und der chemischen Zusammensetzung. Inkonsistenzen des Drahtes können zu Schwankungen der Tröpfchengröße oder der Strahlgeschwindigkeit führen, was sich auf die Beschichtungsqualität auswirkt. Zweitens ist die Stabilität der Sprühanlage entscheidend. Die Stromversorgung, das Gasversorgungssystem und das Kühlsystem der Anlage müssen regelmäßig gewartet werden, um Prozessabweichungen aufgrund von Alterung oder Fehlfunktionen der Anlage zu vermeiden. Darüber hinaus sollte die Kontrolle von Umweltfaktoren nicht außer Acht gelassen werden, und die Lackiererei muss eine konstante Temperatur und Luftfeuchtigkeit aufrechterhalten, um den Einfluss äußerer Bedingungen auf die Ablagerung von Schmelztröpfchen zu vermeiden.

Die Standardisierung von Prozessparametern ist ein wichtiges Mittel, um die Konsistenz zu

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

gewährleisten. Durch die Festlegung detaillierter Betriebsanweisungen (SOPs), die den Bereich und die Einstellmethode für jeden Parameter definieren, sind die Bediener in der Lage, von Charge zu Charge konsistente Prozessbedingungen aufrechtzuerhalten. Datengetriebenes Prozessmanagement ist ein Entwicklungstrend der letzten Jahre, durch IoT-Technologie und Big-Data-Analyse werden die Schlüsseldaten im Sprühprozess in Echtzeit gesammelt, potenzielle Probleme vorhergesagt und im Vorfeld eingegriffen. Einige fortschrittliche Sprühsysteme sind beispielsweise in der Lage, Algorithmen des maschinellen Lernens zu verwenden, um Parameterkombinationen zu optimieren und die Beschichtungskonsistenz deutlich zu verbessern.

Um die Effizienz und Konsistenz des Sprühens in Einklang zu bringen, ist eine Kombination aus Produktionsanforderungen und Kostenfaktoren erforderlich. Eine Überbetonung der Effizienz kann zu einer Verschlechterung der Beschichtungsqualität führen, während eine Überbetonung der Konsistenz die Produktionszeit und die Kosten erhöhen kann. Daher müssen die Hersteller die beste Balance im Prozessdesign finden, um durch technologische Innovation und Prozessoptimierung eine effiziente und qualitativ hochwertige Produktion zu erreichen.

3.7 Anwendung fortschrittlicher Technologie

Mit der rasanten Entwicklung der Materialwissenschaft und der Fertigungstechnologie wird die Produktionstechnologie von Molybdän-Spritzdraht ständig mit Spitzentechnologie ausgestattet, um den Anforderungen höherer Leistungen und komplexerer Anwendungen gerecht zu werden. In dieser Sitzung wird die Anwendung der nanoskaligen Sprühtechnologie, der lasergestützten Sprühtechnologie, der Kaltspritztechnologie sowie intelligenter und automatisierter Sprühsysteme diskutiert und gezeigt, wie diese fortschrittlichen Technologien die technologische Innovation in der Molybdän-Spritzdrahtindustrie vorantreiben können.

3.7.1 Nanoskalige Sprühtechnologie

Die nanoskalige Sprühtechnologie ist eine fortschrittliche Methode zur Verbesserung der Leistung, indem die Mikrostruktur einer Beschichtung bis in den Nanobereich gesteuert wird. Während die Korngröße herkömmlicher Sprühbeschichtungen in der Regel im Mikrometerbereich liegt, reduziert das nanoskalige Sprühen die Korngröße der Beschichtung auf die Nanometerskala, indem die Beschichtungsparameter und Materialeigenschaften optimiert werden. Diese feine Kornstruktur verbessert die Härte, Zähigkeit und Verschleißfestigkeit der Beschichtung erheblich, wodurch sie sich hervorragend für extreme Umgebungen eignet.

Bei der Anwendung von Molybdän-Sprühdraht wird die nanoskalige Sprühtechnologie erreicht, indem die Wärmequelle und das Tröpfchenabscheidungsverhalten während des thermischen Spritzprozesses eingestellt werden. Plasmaspritzen und HVOF-Spritzen sind häufig verwendete Technologieplattformen, die feinere Schmelztröpfchen erzeugen, indem sie die Zusammensetzung des Plasmagases, die Sprühleistung und die Einspritzgeschwindigkeit präzise steuern. Diese Tröpfchen verfestigen sich schnell auf der Oberfläche des Substrats und bilden nanoskalige Kornstrukturen. Um die Ergebnisse weiter zu optimieren, werden in einigen Prozessen nanoskalige Molybdänpulver oder Dotierstoffe (wie z.B. Zirkonoxid- oder Aluminiumoxid-Nanopartikel) eingebracht, die während des Sprühprozesses gemeinsam mit dem Molybdändraht zu einer

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Verbundbeschichtung abgeschieden werden.

Der Vorteil der nanoskaligen Sprühtechnologie besteht darin, dass sie die Leistung von Beschichtungen erheblich verbessern kann. So kann beispielsweise das Aufbringen einer nanoskaligen Molybdänbeschichtung auf Turbinenschaufeln von Flugzeugtriebwerken der Hochtemperaturoxidation und dem mechanischen Verschleiß wirksam widerstehen und die Lebensdauer von Komponenten verlängern. Darüber hinaus hat die Nanobeschichtung eine glattere Oberfläche und einen niedrigeren Reibungskoeffizienten, wodurch sie sich für hochpräzise Gleitteile wie Kolbenringe für Kraftfahrzeuge oder Dichtungen für Hydrauliksysteme eignet. Die nanoskalige Sprühtechnologie stellt jedoch hohe Anforderungen an die Prozesssteuerung, und selbst die kleinste Abweichung eines Parameters kann zu Inkonsistenzen in der Korngröße führen, die fortschrittliche Überwachungsgeräte und technischen Support erfordern.

3.7.2 Lasergestützte Spritztechnik

Die lasergestützte Spritztechnologie kombiniert die hohe Energiedichte von Lasern mit der Flexibilität des thermischen Spritzens, um die Herstellung von spritzbeschichteten Molybdändrähten zu revolutionieren. Beim traditionellen thermischen Spritzen wird Molybdändraht durch Flamme, Plasma oder Lichtbogen geschmolzen, während bei der lasergestützten Beschichtung ein Laserstrahl als zusätzliche Wärmequelle oder Nachbearbeitungswerkzeug verwendet wird, wodurch die Qualität und Präzision der Beschichtung erheblich verbessert wird.

Beim lasergestützten Spritzen kann der Laserstrahl synchron mit einer Sprühwärmequelle wie Plasma oder Lichtbogen arbeiten, um die Oberfläche des Substrats vorzuwärmen oder das Schmelzen des Molybdändrahtes zu unterstützen. Die hohe Fokussierung des Lasers führt zu einem konzentrierteren Wärmeeintrag, wodurch die Wärmeeinflusszone reduziert und das Risiko eines thermischen Verzugs des Substrats verringert wird. Darüber hinaus ist der Laser in der Lage, die Temperatur und den Abscheidungsweg der geschmolzenen Tröpfchen präzise zu steuern, was zu einer gleichmäßigeren Beschichtung und einer geringeren Porosität führt. Einige fortschrittliche Systeme verwenden sogar Laser, um die gespritzte Beschichtung wieder einzuschmelzen, wodurch die Mikrostruktur der Beschichtung durch schnelles Schmelzen und Erstarren verfeinert wird, wodurch ihre Kompaktheit und Haftfestigkeit weiter verbessert wird.

Die lasergestützte Spritztechnik kann in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt werden. In der Luft- und Raumfahrt ermöglicht das lasergestützte Spritzen die Herstellung von Hochleistungs-Molybdänschichten auf Substraten aus Titan- oder Nickelbasislegierungen zum Schutz von Turbinenschaufeln oder Brennkammern. In der Energiewirtschaft wird das lasergestützte Spritzen eingesetzt, um Beschichtungen herzustellen, die gegen Hochtemperaturkorrosion resistent sind und die Lebensdauer von Gasturbinen- oder Kesselkomponenten verlängern. Durch die Einführung der Lasertechnologie wurde auch die Prozessflexibilität erhöht, die die Bearbeitung von Substraten mit komplexen Formen, wie z. B. gekrümmten Oberflächen oder porösen Strukturen, ermöglicht. Die Kosten für die Laserausrüstung sind jedoch hoch und der Betrieb komplex, was hochqualifizierte Techniker und ein komplettes Wartungssystem erfordert.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

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/cm³
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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

3.7.3 Kaltspritztechnik

Die Kaltspritztechnologie ist eine aufstrebende Technologie, die das traditionelle thermische Spritzen stört, und ihr Kern besteht darin, feste Partikel durch einen Luftstrom mit hoher Geschwindigkeit auf die Oberfläche des Substrats zu sprühen, anstatt sich auf das Schmelzen bei hohen Temperaturen zu verlassen. Bei der Anwendung von Molybdän-Spritzdraht wird mit der Kaltspritztechnologie eine Beschichtungsabscheidung bei niedrigen Temperaturen erreicht, indem der Molybdändraht zu mikrometergroßen Partikeln verarbeitet oder Molybdänpulver direkt verwendet wird. Diese Technologie ist insofern einzigartig, als sie Oxidations-, Phasenübergangs- oder thermische Stressprobleme im Zusammenhang mit hohen Temperaturen vermeidet und sich daher besonders für wärmeempfindliche Substrate eignet.

Während des Kaltspritzprozesses werden die Molybdänpartikel auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt (in der Regel angetrieben durch Helium oder Stickstoff), um mit extrem hoher kinetischer Energie auf die Oberfläche des Substrats zu treffen. Die Partikel werden im Moment des Aufpralls heftig plastisch verformt und bilden eine mechanische oder metallurgische Verbindung mit dem Substrat, um eine dichte Beschichtung zu bilden. Die kaltgespritzte Beschichtung hat eine sehr geringe Porosität und eine hervorragende Haftung, während die ursprüngliche chemische Zusammensetzung und Kristallstruktur von Molybdän erhalten bleibt. Aufgrund dieser Eigenschaft eignet sich das Kaltspritzen besonders für die Herstellung von hochreinen, korrosionsbeständigen Molybdänbeschichtungen für den Einsatz in Offshore- oder Chemieanlagen.

Die Herausforderung der Kaltspritztechnologie liegt in den hohen Anforderungen an die Partikeleigenschaften und die Anlagenleistung. Die Größe, Morphologie und Fließfähigkeit von Molybdänpartikeln müssen präzise gesteuert werden, um die Stabilität des Sprays und die Gleichmäßigkeit der Beschichtung zu gewährleisten. Darüber hinaus erfordern Kaltspritzanlagen ein Hochdruckgassystem und ein ausgeklügeltes Düsendesign, was die Produktionskosten erhöht. Nichtsdestotrotz ist das Kaltspritzen bei niedrigen Temperaturen vielversprechend für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt, in der Elektronik und in der Medizin, wie z. B. bei der Herstellung von Funktionsbeschichtungen für Aluminiumlegierungen oder Polymersubstrate.

3.7.4 Intelligente und automatisierte Sprühsysteme

Die Einführung eines intelligenten und automatisierten Sprühsystems markiert den Einzug der Molybdän-Spritzdraht-Produktionstechnologie in die Ära der Industrie 4.0. Durch die Integration von Sensoren, Robotik, künstlicher Intelligenz und Big-Data-Analysen haben diese Systeme den Sprühprozess automatisiert, intelligent und effizient gemacht und so die Produktionseffizienz und Produktqualität erheblich verbessert.

Das automatisierte Sprühsystem ist mit hochpräzisen Spritzpistolen und Drahtvorschubgeräten mit Industrierobotern als Kern ausgestattet, die das Sprühen komplexer Substrate gemäß dem voreingestellten Weg abschließen können. Durch visuelle Erkennungs- und Bahnplanungstechnologie passt sich der Roboter an Substrate unterschiedlicher Formen und Größen an und reduziert so manuelle Eingriffe. Der Sensor überwacht Sprühparameter wie Temperatur, Druck und Tröpfchengeschwindigkeit in Echtzeit und passt sich über ein Feedback-System

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

automatisch an, um die Prozessstabilität zu gewährleisten. Einige fortschrittliche Systeme integrieren auch Inline-Inspektionsfunktionen, um die Dicke und Defekte von Beschichtungen durch Laserscanning oder Infrarotbildgebung zu überprüfen und Probleme rechtzeitig zu identifizieren.

Intelligente Sprühsysteme gehen noch einen Schritt weiter und nutzen künstliche Intelligenz und Algorithmen des maschinellen Lernens, um den Prozess zu optimieren. KI-Systeme sind beispielsweise in der Lage, historische Sprühdaten zu analysieren, um die beste Kombination von Parametern vorherzusagen und die Testkosten zu senken. Die Cloud-Computing-Technologie ermöglicht die gemeinsame Nutzung der Daten mehrerer Produktionsstandorte, die Bildung einer einheitlichen Prozessdatenbank und die Verbesserung der technischen Managementfähigkeiten des Unternehmens. Darüber hinaus unterstützt das intelligente System auch die Fernüberwachung und -wartung, und der Bediener kann den Gerätestatus in Echtzeit über mobile Geräte einsehen und schnell auf Fehler reagieren.

Der Einsatz eines intelligenten und automatisierten Sprühsystems hat die Produktionseffizienz von Molybdän-Sprühdraht erheblich verbessert. In der Automobilindustrie beispielsweise sind automatisierte Sprühanlagen in der Lage, kontinuierlich Tausende von Kolbenringen mit einer Beschichtungskonsistenz von mehr als 99 % zu verarbeiten. In der Luft- und Raumfahrt bieten intelligente Systeme maßgeschneiderte Beschichtungslösungen für Teile mit komplexen Geometrien und verkürzen Produktionszyklen. Die breite Anwendung dieser Technologien hat nicht nur die Wettbewerbsfähigkeit der Branche verbessert, sondern auch die Entwicklung der Sprühtechnologie in eine effizientere und intelligentere Richtung gefördert.

3.8 Technische Herausforderungen und Lösungen

Obwohl bei der Produktionstechnologie von Molybdän-Spritzdraht erhebliche Fortschritte erzielt wurden, gibt es immer noch eine Reihe technischer Herausforderungen, darunter das Ablösen und Cracken von Beschichtungen, die Oxidation bei hohen Temperaturen und Leistungseinbußen, das Gleichgewicht zwischen Produktionskosten und -effizienz sowie die Anpassungsfähigkeit komplexer Substrate. In diesem Abschnitt werden die Ursachen dieser Herausforderungen analysiert und praktische Lösungen vorgeschlagen.

3.8.1 Schichten, Abblättern und Reißen

Das Ablösen und Reißen von Beschichtungen ist ein häufiges Problem bei Molybdän-Spritzdrahtanwendungen und wird häufig durch unzureichende Haftung der Beschichtung auf dem Substrat, thermische Spannungsanhäufung oder Defekte innerhalb der Beschichtung verursacht. Abplatzungen können zum Versagen der Beschichtung führen, während Risse weitere Korrosion oder Verschleiß auslösen und die Lebensdauer der Komponenten verkürzen können.

Die Hauptursache für das Ablösen der Beschichtung ist eine unzureichende Oberflächenvorbereitung des Untergrunds oder unsachgemäße Sprühparameter. Öl, Oxide oder ungleichmäßige Rauheit auf der Oberfläche des Substrats können die Haftung der Beschichtung auf dem Substrat schwächen. Um dieses Problem zu lösen, sind eine verbesserte Substratvorbehandlung,

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

mehrstufige Reinigungs- und Sandstrahlprozesse erforderlich, um sicherzustellen, dass die Oberfläche sauber ist und die richtige Rauheit aufweist. Darüber hinaus können durch die Optimierung der Sprühparameter, wie z. B. die Absenkung der Sprühtemperatur oder die Anpassung des Sprühabstands, die schnelle Abkühlung der Schmelztröpfchen reduziert und die Haftung der Beschichtung verbessert werden.

Rissbildung wird in der Regel durch thermische oder mechanische Beanspruchung verursacht. Während des Sprühvorgangs kann die Differenz des Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen der Molybdänschicht und dem Substrat zu einer Spannungsansammlung führen, insbesondere bei der Hochtemperaturkühlung. Zu den Lösungen gehört die Verwendung von Gradientenbeschichtungstechniken, um Unterschiede im Wärmeausdehnungskoeffizienten auszugleichen, indem eine Übergangsschicht (z. B. Nickelbasislegierungen) zwischen dem Substrat und der Molybdänbeschichtung eingeführt wird. Wärmebehandlung und Glühen sind ebenfalls wirksame Methoden, um Eigenspannungen zu beseitigen und die Zähigkeit der Beschichtung durch langsames Abkühlen zu erhöhen. Darüber hinaus können durch verbesserte Sprühverfahren, wie z. B. das Kaltspritzen mit geringem Wärmeeintrag, die durch thermische Belastung verursachte Rissbildung deutlich reduziert werden.

3.8.2 Hochtemperaturoxidation und Leistungsminderung

Die Oxidation von Molybdänschichten bei hohen Temperaturen ist eine weitere große Herausforderung. Molybdän reagiert bei hohen Temperaturen leicht mit Sauerstoff zu flüchtigem Molybdänoxid (MoO_3), was zu einer Degradation oder sogar zum Versagen der Beschichtung führt. Dieses Problem ist besonders akut bei Hochtemperaturanwendungen wie Flugzeugtriebwerken und Gasturbinen.

Zu den Lösungen für die Hochtemperaturoxidation gehören das Aufbringen von Oberflächenmodifikationen und Schutzbeschichtungen. Die Silikonisierung ist eine effektive Methode, um die Oxidationsbeständigkeit deutlich zu verbessern, indem eine Schutzschicht aus $MoSi_2$ auf der Oberfläche des Molybdändrahtes oder der Molybdänbeschichtung gebildet wird. Eine weitere Methode besteht darin, Seltenerdelemente wie Lanthan oder Cer zu dotieren, um die Hochtemperaturstabilität der Beschichtung zu erhöhen, indem die Körner raffiniert und eine stabile Oxidschicht gebildet werden. Darüber hinaus reduzieren Vorbeschichtungstechnologien, wie z. B. Aluminiumoxid- oder Zirkonoxidbeschichtungen, die Oxidbildung während des Sprühprozesses und verlängern die Lebensdauer der Beschichtung.

Die Prozessoptimierung ist auch ein wichtiges Mittel, um mit der Hochtemperaturoxidation umzugehen. So kann beispielsweise durch die Verwendung eines Inertgases (z. B. Argon) als Sprühatmosphäre Sauerstoff effektiv isoliert und Oxidationsreaktionen reduziert werden. Durch den Einsatz der Kaltspritztechnologie wird das Schmelzen bei hohen Temperaturen vermieden und das Oxidationsrisiko radikal reduziert. Durch die Kombination dieser Verfahren sind Molybdänbeschichtungen in der Lage, ihre langfristige Leistungsstabilität bei hohen Temperaturen aufrechtzuerhalten.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

3.8.3 Gleichgewicht zwischen Produktionskosten und Wirtschaftlichkeit

Die Produktionskosten für Molybdän-Spritzdraht sind hoch, was vor allem auf den Verbrauch von Rohstoffen, Ausrüstung und Energie zurückzuführen ist. Die Verbesserung der Produktionseffizienz und die Senkung der Kosten bei gleichbleibend hoher Qualität ist eine wichtige Herausforderung für die Branche.

Die Kontrolle der Rohstoffkosten muss bei der Herstellung von Molybdänpulver beginnen. Durch die Optimierung des Aufbereitungs- und Reinigungsprozesses kann die Rückgewinnungsrate von Molybdänkonzentrat verbessert und die Produktionskosten gesenkt werden. Darüber hinaus wird durch das Recycling von Spritzerpartikeln und Abfällen aus dem Sprühprozess der Rohmaterialabfall deutlich reduziert. Die Reduzierung der Gerätekosten hängt von der Förderung des modularen Designs und der Lokalisierungstechnologie ab. Zum Beispiel sind die Kosten für lokalisierte Plasmaspritzgeräte 30 % bis 50 % niedriger als die für importierte Geräte, und ihre Leistung nähert sich allmählich dem internationalen Niveau.

Effizienzsteigerungen müssen durch Automatisierung und intelligente Technologien erzielt werden. Automatisierte Sprühlinien reduzieren manuelle Vorgänge und erhöhen die Produktionsgeschwindigkeit, während intelligente Systeme Prozessparameter durch Datenanalyse optimieren, um unnötige Tests und Ausschussraten zu reduzieren. Darüber hinaus ist die Verbesserung der Energieeffizienz auch der Schlüssel zur Kostensenkung. Durch den Einsatz von hocheffizienten Wärmequellen und energiesparenden Kühlsystemen kann der Energieverbrauch gesenkt und gleichzeitig die Anforderungen einer umweltfreundlichen Produktion erfüllt werden.

3.8.4 Anpassungsfähigkeit beim Spritzen komplexer Untergründe

Die Beschichtung komplexer Substrate, wie z. B. gekrümmte Oberflächen, poröse Strukturen oder ungewöhnlich geformte Teile, ist eine technische Herausforderung, und es ist schwierig, mit herkömmlichen Beschichtungsverfahren eine gleichmäßige Beschichtungsabscheidung zu erreichen, insbesondere bei hochpräzisen Teilen in der Luft- und Raumfahrt und Medizin.

Eine Lösung ist der Einsatz von Roboter-Sprühsystemen, die sich durch mehrachsige Bewegungs- und Bahnplanung an komplexe Substratgeometrien anpassen. Die Einführung der visuellen Erkennungstechnologie ermöglicht es dem Roboter, den Sprühwinkel und -abstand in Echtzeit anzupassen, um die Gleichmäßigkeit der Beschichtung zu gewährleisten. Das lasergestützte Spritzen ist auch ein effektives Mittel, um komplexe Oberflächen mit einer hochfokussierten Wärmequelle zu beschichten, die eine präzise Steuerung der Tröpfchenabscheidung ermöglicht.

Die Anwendung der Kaltspritztechnologie auf komplexen Untergründen ist vielversprechend. Aufgrund seiner niedrigen Temperaturen ist das Kaltspritzen in der Lage, wärmeempfindliche Substrate wie Polymere oder Verbundwerkstoffe zu verarbeiten, ohne dass es zu Verformungen oder Leistungseinbußen kommt. Darüber hinaus kann die Entwicklung kundenspezifischer Sprühvorrichtungen und Hilfswerkzeuge die Anpassungsfähigkeit der Beschichtung komplexer Substrate weiter verbessern und so eine umfassende und konsistente Beschichtungsabdeckung gewährleisten.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD Molybdän-Sprühdraht

Kapitel 4 Klassifizierung von Molybdän-Spritzdraht

Als wichtiger Werkstoff für die thermische Spritztechnik sind die Leistungsfähigkeit und der Anwendungsbereich von Molybdän-Spritzdraht aufgrund unterschiedlicher Herstellungsverfahren, chemischer Zusammensetzungen und Einsatzszenarien vielfältig. Um geeignete Molybdän-Sprühdrähte besser zu verstehen und auszuwählen, ist es notwendig, diese wissenschaftlich zu klassifizieren. In diesem Abschnitt wird der Molybdän-Sprühdraht aus den drei Dimensionen Reinheit, Verwendung und Sprühprozess detailliert klassifiziert und die Eigenschaften, Aufbereitungsmethoden und Anwendungsszenarien verschiedener Arten von Molybdändraht erörtert.

4.1 Einteilung nach Reinheit

Die Reinheit von Molybdän-Spritzdraht ist der Kernindex seiner Leistung, der sich direkt auf die chemische Stabilität, die mechanischen Eigenschaften und die Korrosionsbeständigkeit der Beschichtung auswirkt. Entsprechend der Differenz des Molybdängehalts und der dotierten Elemente im Molybdändraht kann er in zwei Kategorien unterteilt werden: hochreiner Molybdändraht und dotierter Molybdändraht.

4.1.1 Hochreiner Molybdändraht

Hochreiner Molybdändraht bezieht sich auf Molybdändraht mit einem Molybdängehalt von 99,95 % oder höher, mit sehr geringen Verunreinigungen (wie Eisen, Nickel, Kohlenstoff, Sauerstoff) und erfüllt in der Regel die Anforderungen nationaler Normen (wie GB/T 4181-2017) oder internationaler Normen (wie ASTM B387-18). Hochreiner Molybdändraht wird durch einen mehrstufigen Reinigungsprozess vorbereitet, der Ammoniaklaugung, Wasserstoffreduktion und Vakuumschmelzen umfasst, um sicherzustellen, dass Spurenverunreinigungen effektiv entfernt

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

werden.

Besonderheit:
Hohe chemische Stabilität: Hochreiner Molybdändraht weist eine ausgezeichnete Oxidations- und chemische Beständigkeit in Umgebungen mit hohen Temperaturen und korrosiven Umgebungen auf, wodurch er für anspruchsvolle Anwendungen geeignet ist.
Hervorragende Wärmeleitfähigkeit: Die hohe Reinheit reduziert die Streuung von Verunreinigungen an den Korngrenzen und verbessert die Wärmeleitfähigkeit, wodurch sie für Beschichtungen geeignet ist, die ein effizientes Wärmemanagement erfordern.
Gleichmäßiges Gefüge: Das Korn von hochreinem Molybdändraht ist fein und gleichmäßig verteilt, die Beschichtungsdichte ist hoch und die Porosität gering.
Hohe Kosten: Aufgrund des komplexen Reinigungsprozesses sind die Produktionskosten für hochreinen Molybdändraht hoch, der für den High-End-Markt geeignet ist.

Vorbereitungsprozess: Die Herstellung von hochreinem Molybdändraht beginnt mit hochreinem Molybdänpulver. Molybdänpulver wird in einer streng kontrollierten Reduktionsatmosphäre durch einen Wasserstoffreduktionsofen aufbereitet und anschließend in einem pulvermetallurgischen Verfahren zu einem Molybdänknüppel gepresst. Der Molybdänknüppel durchläuft Hochtemperatursintern, Warmwalzen und Mehrdrahtziehen, um den Durchmesser nach und nach zu verkleinern und schließlich ein Filament zu bilden. Während des Ziehprozesses werden hochpräzise Formen und Graphitemulsionsschmierstoffe verwendet, um sicherzustellen, dass die Oberfläche des Drahtes glatt und fehlerfrei ist. Der Glühprozess erfolgt unter Vakuum- oder Wasserstoffschutz, wodurch innere Spannungen abgebaut und die mechanischen Eigenschaften optimiert werden. Bei der Oberflächenreinigung werden chemische oder Ultraschallverfahren verwendet, um Schmiermittelreste und Oxide zu entfernen und so ein hohes Maß an Filamentreinheit zu gewährleisten.

Anwendungsszenario: Hochreiner Molybdändraht wird häufig in Bereichen mit extrem hohen Anforderungen an die Beschichtungsleistung eingesetzt. In der Luft- und Raumfahrt werden beispielsweise mit hochreinem Molybdändraht hergestellte Beschichtungen in Turbinenschaufeln und Brennkammern verwendet, um der Oxidation bei hohen Temperaturen und mechanischem Verschleiß zu widerstehen. In der Halbleiterindustrie wird hochreiner Molybdändraht für die Vakuumbeschichtung von Heizdraht verwendet, um sicherzustellen, dass während des Beschichtungsprozesses keine Verunreinigungen auftreten. In der chemischen Industrie schützen hochreine Molybdän-Beschichtungen Reaktoren und Rohrleitungen vor der Erosion saurer Medien.

4.1.2 Dotierter Molybdändraht

Dotierter Molybdändraht ist ein Molybdändraht, der der Molybdänmatrix Spurenelemente wie Seltenerdelemente, Keramikpartikel oder andere Metalle hinzufügt, um bestimmte Eigenschaften zu verbessern. Zu den gängigen dotierten Elementen gehören Lanthanoxid (La_2O_3), Yttriumoxid (Y_2O_3), Kalium (K) oder Siliziumkarbid (SiC). Die Dopingmenge wird in der Regel zwischen 0,1 % und 2 % kontrolliert, um Leistungssteigerung und Kostenkontrolle in Einklang zu bringen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Besonderheit:
Verbesserte Leistung bei hohen Temperaturen: Molybdändraht, dotiert mit Seltenerdelementen (z. B. Lanthanoxid-Dotierung), bildet bei hohen Temperaturen eine stabile Oxidschutzschicht, die die Oxidationsbeständigkeit erheblich verbessert.
Verbesserte mechanische Eigenschaften: Dotierte Elemente verfeinern Körner, erhöhen die Zugfestigkeit und Zähigkeit und verringern das Risiko von Filamentbrüchen während des Sprühprozesses.
Kundenspezifische Eigenschaften: Dotierter Molybdändraht kann an die Anforderungen der Anwendung angepasst werden, wie z. B. die Erhöhung der Verschleißfestigkeit oder die Verringerung des Reibungskoeffizienten.
Moderate Kosten: Im Vergleich zu hochreinem Molybdändraht sind die Produktionskosten von dotiertem Molybdändraht etwas niedriger, was für großindustrielle Anwendungen geeignet ist.

Vorbereitungsprozess: Bei der Herstellung von dotiertem Molybdändraht werden dotierte Elemente in die Produktionsphase von Molybdänpulver eingeführt. Zum Beispiel wird Lanthanoxid-dotierter Molybdändraht hergestellt, indem eine Lanthanoxidlösung mit Ammoniummolybdat gemischt wird, um dotiertes Molybdänpulver herzustellen, das anschließend reduziert wird. Dotiertes Molybdänpulver wird durch Pressen, Sintern und Ziehen zu Molybdändraht verarbeitet. Während des Sinterprozesses müssen Temperatur und Atmosphäre genau gesteuert werden, um sicherzustellen, dass die Dotierungselemente gleichmäßig verteilt und nicht flüchtig sind. Der Zieh- und Glühprozess ähnelt dem von hochreinem Molybdändraht, aber die Parameter müssen angepasst werden, um den Einfluss von Dotierungselementen auf die Härte des Materials zu berücksichtigen. Besonderes Augenmerk sollte auf die Oberflächenbehandlung gelegt werden, um den Verlust von Dotierungselementen während des Reinigungsprozesses zu vermeiden.

Anwendungsszenarien: Dotierter Molybdändraht wird aufgrund seiner gezielten Leistungsoptimierung in spezifischen industriellen Szenarien häufig eingesetzt. Beispielsweise wird mit Lanthanoxid dotierter Molybdändraht für die hochtemperaturbeständige Beschichtung von Gasturbinenschaufeln verwendet, um die Lebensdauer von Komponenten zu verlängern. Kaliumdotierter Molybdändraht eignet sich aufgrund seiner hohen Zähigkeit für die verschleißfeste Beschichtung von Kolbenringen von Automobilen; Mit Siliziumkarbid dotierter Molybdändraht wird in Offshore-Anlagen verwendet, um eine hervorragende Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit zu gewährleisten. Die Diversifizierung von dotiertem Molybdändraht ermöglicht ein Gleichgewicht zwischen Kosten und Leistung und eignet sich besonders für den mittleren bis oberen Markt.

4.2 Klassifizierung nach Verwendung

Molybdän-Spritzdraht kann in zwei Kategorien unterteilt werden: Molybdändraht für industrielles Sprühen und Molybdändraht für die Funktionsbeschichtung je nach Endverwendung. Diese Klassifizierung spiegelt die Leistungsanforderungen und das Beschichtungsdesign von Molybdändraht in verschiedenen Anwendungsszenarien wider.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

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/cm³
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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

4.2.1 Molybdändraht für industrielles Sprühen

Molybdändraht für das industrielle Spritzen wird hauptsächlich zur Herstellung von Schutzbeschichtungen verwendet, die die Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit des Substrats verbessern sollen. Diese Art von Molybdändraht ist in der großindustriellen Produktion weit verbreitet und unterstreicht die Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit der Beschichtung.

Besonderheit:
Hohe Haltbarkeit: Industrielle Spritzbeschichtungen müssen mechanischem Abrieb, chemischen Angriffen oder Einwirkungen bei hohen Temperaturen standhalten, und Molybdändraht muss stabile mechanische und chemische Eigenschaften aufweisen.
Hohe Abscheideeffizienz: Beim industriellen Sprühen liegt der Schwerpunkt auf der Produktionseffizienz, und Molybdändraht muss an ein automatisches Drahtzuführsystem angepasst werden, um einen kontinuierlichen und stabilen Sprühprozess zu gewährleisten.
Vielseitigkeit: Molybdändraht für industrielles Sprühen ist in der Regel in Standardspezifikationen enthalten und eignet sich für eine Vielzahl von Substraten (z. B. Stahl, Aluminium, Keramik).
Wirtschaftlichkeit: Die Beschichtungsleistung und die Kosten müssen ausgewogen sein, und der Molybdändraht für das industrielle Sprühen besteht meist aus hochreinem oder leicht dotiertem Molybdändraht.

Vorbereitungs- und Anwendungsprozess: Der Vorbereitungsprozess von Molybdändraht für das industrielle Sprühen ist relativ standardisiert und verwendet hochreines Molybdänpulver oder leicht dotiertes Molybdänpulver, das durch Pulvermetallurgie, Drahtziehen und Glühen hergestellt wird. Das Sprühverfahren ist hauptsächlich das Flammspritzen und das Lichtbogenspritzen, das sich aufgrund seiner einfachen Ausstattung und geringen Kosten für die großflächige Beschichtungsabscheidung eignet. Während des Sprühvorgangs gelangt der Molybdändraht mit konstanter Geschwindigkeit durch die Drahtvorschubvorrichtung in die Spritzpistole und bildet nach dem Schmelzen geschmolzene Tröpfchen, die auf die Oberfläche des Substrats gesprüht werden. Nachbehandlungen, wie z. B. Polieren oder Wärmebehandlung, können die Leistung weiter optimieren.

Anwendungsszenario: Molybdändraht für industrielles Sprühen wird häufig in den folgenden Bereichen eingesetzt:
Automobilindustrie: verschleißfeste Hochtemperaturbeschichtungen für Kolbenringe, Zylinderblöcke und Abgasanlagen zur Verbesserung der Effizienz und Langlebigkeit von Motoren.
Energiewirtschaft: Schützt Kesselrohre, Wärmetauscher und Komponenten von Windkraftanlagen vor Korrosion und Verschleiß.
Marine & Offshore: Bietet Korrosionsschutzbeschichtungen für Propeller und Rümpfe, um die Lebensdauer von Schiffsausrüstung zu verlängern.
Baumaschinen: Baggerschaufeln und Oberflächenbeschichtungen für schwere Geräte für verbesserte Verschleiß- und Schlagfestigkeit.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

4.2.2 Molybdändraht für die Funktionsbeschichtung

Molybdändraht für funktionale Beschichtungen wird zur Herstellung von Beschichtungen mit spezifischen Funktionen verwendet, wie z. B. selbstschmierende, elektrisch leitfähige, thermisch blockierende oder biokompatible Beschichtungen. Diese Molybdändrähte sind in der Regel für High-End-Anwendungen konzipiert und erfordern kundenspezifische Eigenschaften, um spezifische technische Anforderungen zu erfüllen.

Besonderheit:

Besondere Funktionalität: Funktionale Beschichtungen sind für spezifische Anwendungen konzipiert, wie z. B. geringe Reibung, elektrische Leitfähigkeit oder Temperaturwechselbeständigkeit.

Hohe Anforderungen an die Präzision: Die Beschichtung muss eine präzise Dicke und Mikrostruktur aufweisen, und die Größe und Oberflächenqualität des Molybdändrahtes sind extrem hoch.

Komplexer Prozess: Fortschrittliche Sprühtechnologie (z. B. Plasmaspritzen, HVOF) wird häufig für funktionale Beschichtungen eingesetzt, die strenge Anforderungen an das Schmelzverhalten und die Abscheideeffizienz von Molybdändraht stellen.

Hohe Wertschöpfung: Molybdändraht für die Funktionsbeschichtung wird hauptsächlich in High-Tech-Bereichen eingesetzt, mit hohem Marktwert, aber hohen Produktionskosten.

Vorbereitungs- und Anwendungsprozess: Die Vorbereitung von Molybdändraht für die Funktionsbeschichtung muss entsprechend der Beschichtungsfunktion angepasst werden. Zum Beispiel kann Molybdändraht für selbstschmierende Beschichtungen mit Molybdändisulfid oder Graphit dotiert werden, und Molybdändraht für Wärmedämmschichten kann mit Keramikpartikeln verbunden sein. Der Vorbereitungsprozess umfasst ein hochpräzises Drahtziehen und ein mehrstufiges Glühen, um die Gleichmäßigkeit und Stabilität des Drahtes zu gewährleisten. Der Sprühprozess ist hauptsächlich Plasmaspritzen, HVOF oder Kaltspritzen, das eine präzise Kontrolle der Mikrostruktur und der Eigenschaften der Beschichtung ermöglicht. Vor dem Sprühen ist eine feine Vorbehandlung des Untergrundes (z. B. Sandstrahlen oder Ultraschallreinigung) erforderlich, um die Haftung der Beschichtung zu gewährleisten. Die Nachbehandlung kann das Umschmelzen oder Versiegeln mit dem Laser umfassen, um die funktionellen Eigenschaften zu optimieren.

Anwendungsszenario: Molybdändraht für die Funktionsbeschichtung hat ein breites Anwendungsspektrum in folgenden Bereichen:

Luft- und Raumfahrt: Wärmedämmschichten werden auf Turbinenschaufeln verwendet, um Komponenten vor hohen Temperaturen und Oxidation zu schützen. Leitfähige Beschichtungen werden für elektrische Kontaktteile von Raumfahrzeugen verwendet.

Elektronik und Halbleiter: Die Molybdänbeschichtung wird zum Erhitzen von Drähten in Vakuumbeschichtungsanlagen verwendet, um eine hochreine Beschichtung zu gewährleisten. Selbstschmierende Beschichtungen werden verwendet, um elektronische Bauteile mit hohen Geschwindigkeiten zu schieben.

Medizin: Biokompatible Molybdänbeschichtungen werden in künstlichen Gelenken und Implantaten verwendet, um die Korrosion von Körperflüssigkeiten zu reduzieren; Antimikrobielle

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Beschichtungen werden für chirurgische Instrumente verwendet.
Additive Fertigung: Die Molybdänbeschichtung schützt die 3D-Druckdüse vor dem Verschleiß der Hochtemperaturschmelze.

4.3 Einteilung nach Sprühverfahren

Je nach anwendbarem Sprühverfahren kann Molybdändraht unterteilt werden in Molybdändraht zum Flammspritzen, Molybdändraht zum Lichtbogenspritzen, Molybdändraht zum Plasmaspritzen, Molybdändraht zum Hochgeschwindigkeits-Sauerstoffspritzen (HVOF) und Molybdändraht zum Kaltspritzen. Diese Klassifizierung spiegelt die Leistungsanforderungen und Prozesseigenschaften von Molybdändraht in verschiedenen Sprühtechnologien wider.

4.3.1 Molybdändraht zum Flammspritzen

Das Flammspritzen ist ein traditionelles Sprühverfahren, bei dem eine Autogen-Acetylen-Flamme verwendet wird, um den Molybdändraht zu erhitzen, zu schmelzen und auf die Oberfläche des Substrats zu sprühen. Molybdändraht zum Flammspritzen muss ein stabiles Schmelzverhalten und mäßige mechanische Eigenschaften aufweisen.

Besonderheit:
Einfacher Prozess: Flammspritzgeräte sind kostengünstig, einfach zu bedienen und eignen sich für den Bau vor Ort.
Moderate Beschichtungseigenschaften: Die Beschichtung hat eine hohe Porosität und mittlere Haftung, wodurch sie für allgemeine industrielle Anwendungen geeignet ist.
Die Anforderungen an Molybdändraht sind gering: Der Durchmesser beträgt in der Regel 1,6-3,0 mm, die Oberfläche muss glatt sein, aber die Reinheitsanforderungen sind relativ locker.

Vorbereitungs- und Anwendungsprozess: Molybdändraht zum Flammspritzen wird meist aus hochreinem oder leicht dotiertem Molybdändraht hergestellt, der durch das Standarddrahtziehverfahren hergestellt wird. Während des Sprühvorgangs gelangt der Molybdändraht durch die Drahtvorschubvorrichtung in die Spritzpistole, die Autogenflamme schmilzt ihn und die Druckluft sprüht die geschmolzenen Tröpfchen auf das Substrat. Nach der Beschichtung muss es poliert oder versiegelt werden, um die Porosität zu reduzieren.

Anwendungsszenarien:
Reparatur von Kfz-Teilen (z.B. Kurbelwellen, Kolben).
Abriebfeste Beschichtungen für Baumaschinen (z.B. Baggerschaufeln).
Korrosionsschutzbeschichtung für Brückenstahlkonstruktionen.

4.3.2 Molybdändraht zum Lichtbogenspritzen

Beim Lichtbogenspritzen wird eine Lichtbogenwärme zwischen zwei Molybdändrähten gebildet, um den Draht zu schmelzen und auf die Oberfläche des Substrats zu sprühen. Molybdändraht für das Lichtbogenspritzen muss eine hohe Leitfähigkeit und eine stabile Drahtvorschubleistung aufweisen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Besonderheit:
Hohe Abscheideeffizienz: Die Lichtbogenspritzgeschwindigkeit ist hoch und eignet sich für großflächige Beschichtungen.
Höhere Beschichtungsqualität: Die Beschichtung hat eine geringere Porosität und eine stärkere Haftung als das Flammspritzen.
Doppeldrahtdesign: Zwei Molybdändrähte müssen synchron zugeführt werden, und die Konsistenz des Drahtdurchmessers muss hoch sein.

Vorbereitungs- und Anwendungsprozess: Molybdändraht für das Lichtbogenspritzen ist in der Regel hochreiner Molybdändraht mit einem Durchmesser von 1,6-2,0 mm. Der Vorbereitungsprozess konzentriert sich auf die Maßgenauigkeit und Oberflächengüte des Drahtes, um die Stabilität des Lichtbogens zu gewährleisten. Die Sprühanlage ist mit einem doppelten Drahtvorschubsystem ausgestattet, um die Drahtvorschubgeschwindigkeit präzise zu steuern.

Anwendungsszenarien:
Korrosionsschutzbeschichtungen für Schiffe (z. B. Rümpfe, Decks).
Verschleißfeste Beschichtung für Rotorblätter von Windkraftanlagen.
Schutzbeschichtung für Stahlbrücken.

4.3.3 Molybdändraht zum Plasmaspritzen

Beim Plasmaspritzen wird Molybdändraht mit Hochtemperaturplasma (bis zu 15.000 °C) zu einer Hochleistungsbeschichtung geschmolzen. Molybdändraht für das Plasmaspritzen erfordert eine hohe Reinheit und Präzision.

Besonderheit:
Hohe Beschichtungsqualität: dichte Beschichtung, geringe Porosität, starke Haftung.
Komplexer Prozess: Hohe Anlagenkosten und präzise Steuerung der Plasmaparameter.
Hohe Anforderungen an Molybdändraht: Hohe Reinheit und keine Defekte auf der Oberfläche sind erforderlich.

Vorbereitungs- und Anwendungsprozess: Der Molybdändraht für das Plasmaspritzen besteht aus hochreinem Molybdändraht mit einem Durchmesser von 1,0-2,0 mm, und die Oberfläche wird elektrochemisch poliert. In der Sprühanlage wird durch ein Inertgas (z. B. Argon) Plasma erzeugt, und der Molybdändraht wird in einem Hochtemperatur-Plasmastrom geschmolzen, um nach der Abscheidung eine hochdichte Beschichtung zu bilden.

Anwendungsszenarien:
Wärmedämmbeschichtung für Turbinenschaufeln von Flugzeugtriebwerken.
Leitfähige Beschichtungen für Halbleiterbauelemente.
Korrosionsbeständige Beschichtung für Hochtemperaturreaktoren.

4.3.4 Molybdändraht für das Hochgeschwindigkeits-Autogenspritzen (HVOF).

Beim HVOF-Sprühen wird durch eine Überschallflamme eine Molybdänbeschichtung

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

abgeschieden, die eine hohe Härte und starke Haftung aufweist. Molybdändraht für HVOF muss beständig gegen Hochtemperatur- und Hochdruckinjektion sein.

Besonderheit:
Ultrahohe Beschichtungsleistung: Die Beschichtungsporosität ist extrem gering und die Härte liegt nahe an der von keramischen Beschichtungen.
Hohe Anforderungen an die Ausrüstung: Hochdruck-Kraftstoff und präzise Steuerungssysteme sind erforderlich.
Molybdändraht hat eine hohe Stabilität: Er muss den Stößen des Hochgeschwindigkeits-Jettings standhalten.

Vorbereitungs- und Anwendungsprozess: Die meisten Molybdändrähte für HVOF sind hochreine oder dotierte Molybdändrähte, und der Vorbereitungsprozess optimiert die Zähigkeit und Oberflächenqualität der Drähte. Sprühgeräte verwenden Sauerstoff und Kraftstoff wie Kerosin, um eine Überschallflamme zu erzeugen, bei der der Molybdändraht bei hohen Temperaturen schmilzt und sich bei hohen Geschwindigkeiten ablagert.

Anwendungsszenarien:
Verschleißfeste Beschichtung für Gasturbinenschaufeln.
Beschichtung mit hoher Härte für Hydraulikteile in der Luft- und Raumfahrt.
Druckfeste Beschichtung für Tiefseeausrüstung.

4.3.5 Molybdändraht zum Kaltspritzen

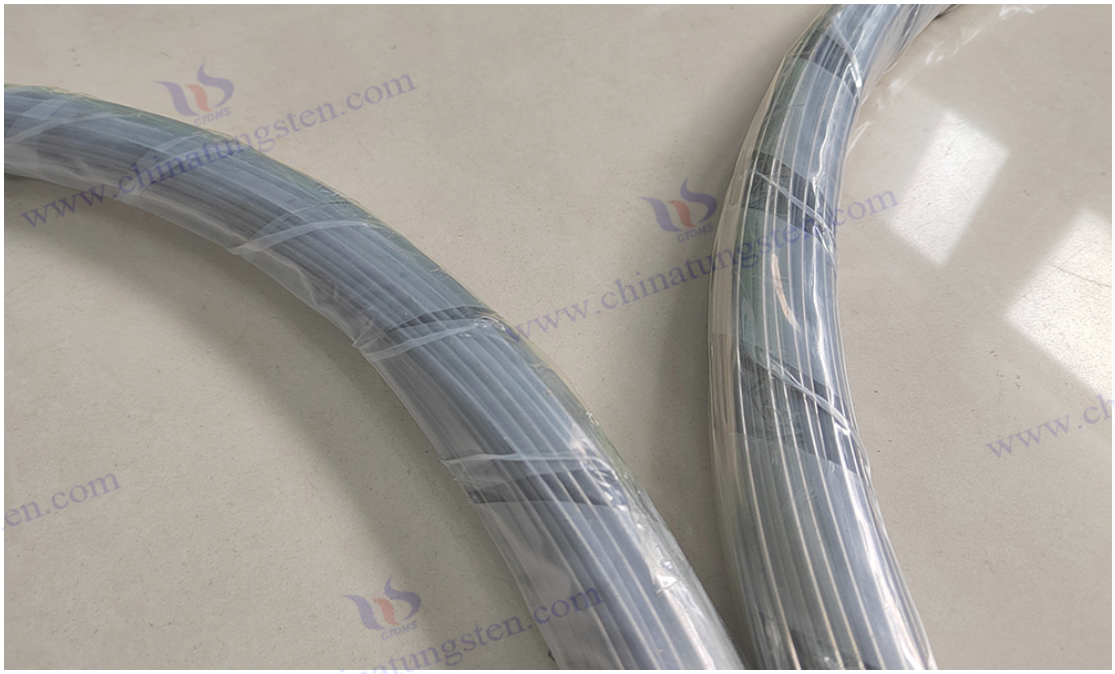
Beim Kaltspritzen wird die Abscheidung von Molybdänpartikeln durch Gase mit ultrahoher Geschwindigkeit beschleunigt, um bei niedrigen Temperaturen eine Beschichtung zu bilden. Molybdändraht für das Kaltspritzen muss fein und gleichmäßig sein.

Besonderheit:
Niedertemperaturverfahren: vermeidet Oxidation und ist für wärmeempfindliche Substrate geeignet.
Starker Umweltschutz: keine Abgase, ganz im Sinne einer umweltfreundlichen Herstellung.
Besondere Anforderungen an Molybdändraht: feine Partikel oder Pulverform sind erforderlich.

Vorbereitungs- und Anwendungsprozess: Molybdän für das Kaltspritzen muss durch spezielles Mahlen oder Gaszerstäuben vorbereitet werden, und die Partikelgröße wird auf Mikrometerebene gesteuert. Sprühgeräte verwenden Hochdruckgase wie Stickstoff, um Partikel, die sich auf der Oberfläche des Substrats ablagern, zu einer dichten Beschichtung zu beschleunigen.

Anwendungsszenarien:
Wärmeleitfähige Beschichtungen für elektronische Bauteile.
Reparatur von Substraten aus Aluminiumlegierungen.
Biokompatible Beschichtungen für Medizinprodukte.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved



CTIA GROUP LTD Molybdän-Sprühdraht

Kapitel 5 Verwendung von Molybdän-Sprühdraht

Molybdän-Spritzdraht spielt aufgrund seines hohen Schmelzpunkts, seiner Korrosionsbeständigkeit und seiner hervorragenden mechanischen Eigenschaften in vielen Industriebereichen eine unersetzliche Rolle. Molybdänbeschichtungen werden durch thermische Spritztechniken wie Flammspritzen, Plasmaspritzen, Lichtbogenspritzen und Hochgeschwindigkeits-Autogenspritzen auf der Oberfläche von Substraten abgeschieden, wodurch die Verschleißfestigkeit, die Hochtemperaturbeständigkeit und die Korrosionsbeständigkeit von Komponenten erheblich verbessert werden können. In diesem Kapitel wird das breite Anwendungsspektrum von Molybdän-Sprühdraht in der Luft- und Raumfahrt, in der Automobilindustrie, in der Chemie und Energie, in der Elektronik und Halbleiter, in der Medizin- und Biotechnik und in anderen Bereichen ausführlich erörtert und sein vielfältiger Wert in der modernen Industrie demonstriert.

5.1 Luft- und Raumfahrt

Die Luft- und Raumfahrtindustrie stellt extrem hohe Anforderungen an die Materialeigenschaften, und Komponenten müssen bei hohen Temperaturen, hohen Drücken und in stark korrosiven Umgebungen stabil funktionieren. Aufgrund seiner hervorragenden Hochtemperaturleistung und Oxidationsbeständigkeit wird Molybdän-Sprühdraht häufig bei der Herstellung von Beschichtungen für Schlüsselkomponenten von Flugzeugtriebwerken und Raumfahrzeugen verwendet. In diesem Abschnitt werden die spezifischen Anwendungen von Molybdän-Sprühdraht in Turbinenschaufeln und Triebwerkskomponenten, Hochtemperatur-Strukturteilen und Wärmedämmschichten sowie verschleißfesten und korrosionsbeständigen Beschichtungen für Raumfahrzeuge erörtert.

5.1.1 Turbinenschaufeln und Triebwerksteile

Die Turbinenschaufeln eines Triebwerks sind die Kernkomponenten eines Triebwerks und extrem

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

hohen Temperaturen, Drücken und mechanischen Belastungen ausgesetzt. Die mit Molybdän-Sprühdraht hergestellte Molybdänbeschichtung hat sich aufgrund ihrer hohen Härte und Verschleißfestigkeit zu einer idealen Wahl für den Oberflächenschutz von Turbinenschaufeln entwickelt. Molybdänschichten werden durch Plasmaspritzen oder Hochgeschwindigkeits-Autogenspritzen (HVOF) auf der Oberfläche von Nickelbasislegierungen oder Titanschaufeln abgeschieden, um eine zähe Schutzschicht zu bilden, die der Erosion von Hochtemperaturgasströmen und dem Partikelverschleiß wirksam widerstehen kann.

In der Betriebsumgebung von Turbinenschaufeln kann die Temperatur 1000 °C überschreiten, und bei hoher Drehzahl und Vibrationen können gewöhnliche Materialien solch rauen Bedingungen kaum standhalten. Die hervorragende Wärmeleitfähigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit der Molybdänbeschichtung ermöglicht eine effektive Wärmeableitung und reduziert die thermische Spannungskonzentration auf der Klingenoberfläche. Darüber hinaus widersteht die hohe Härte der Molybdänbeschichtung dem Aufprall von Feststoffpartikeln wie Sand oder Verbrennungsrückständen, wodurch die Lebensdauer der Schaufeln verlängert wird. In der Praxis werden Molybdän-Beschichtungen häufig mit anderen Materialien, wie z. B. Zirkonoxid-Wärmedämmschichten, zu einer Verbundbeschichtung kombiniert, die die Hochtemperaturbeständigkeit von Klingen weiter verbessert.

Molybdän-Sprühdraht wird auch häufig in anderen Motorkomponenten wie Brennräumen und Düsen verwendet. Extreme Hitze und chemische Korrosion im Brennraum erfordern Materialien mit ausgezeichneter Oxidationsbeständigkeit, und Molybdänbeschichtungen schützen das Substrat vor Erosion, indem sie eine stabile Oxidschicht bilden. Die Flexibilität des Sprühprozesses ermöglicht die Anpassung der Molybdänbeschichtung an komplexe Geometrien und gewährleistet so einen vollständigen Schutz der Brennkammer und der Düsen. Der Einsatz dieser Beschichtungstechnologie verbessert die Zuverlässigkeit und die Wartungsintervalle von Flugzeugtriebwerken erheblich und leistet damit eine wichtige Unterstützung für die Effizienz und Sicherheit der Luft- und Raumfahrtindustrie.

5.1.2 Hochtemperatur-Strukturbauteile und Wärmedämmschichten

Hochtemperatur-Strukturbauteile in Luft- und Raumfahrtfahrzeugen, wie z. B. Düsen von Raketentriebwerken, Hot-End-Komponenten und Gehäuse von Raumfahrzeugen, erfordern die strukturelle Integrität, um bei extremen Temperaturen aufrechterhalten zu werden. Beschichtungen, die mit Molybdän-Spritzdraht hergestellt werden, sind aufgrund ihres hohen Schmelzpunkts und ihrer Temperaturwechselbeständigkeit ideale Schutzmaterialien für diese Bauteile. Die Molybdänbeschichtung wird durch die Plasmaspritztechnologie auf der Oberfläche von Superlegierungen oder Keramikmatrix-Verbundwerkstoffen abgeschieden, um eine dichte Schutzschicht zu bilden, die der Hochtemperaturoxidation und der Belastung durch den Temperaturzyklus effektiv widerstehen kann.

Wärmedämmschichten (TBC) sind eine wichtige Technologie in der Luft- und Raumfahrtindustrie, um die Oberflächentemperatur von Substraten zu senken und die Lebensdauer von Bauteilen zu verlängern. Molybdänbeschichtungen werden häufig als Bindeschicht in

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Wärmedämmschichtsystemen verwendet, um das Substrat mit der Deckschicht von Keramik (z. B. Zirkonoxid) zu verbinden. Der Wärmeausdehnungskoeffizient der Molybdänbeschichtung liegt zwischen dem des Metallsubstrats und der Keramikbeschichtung, wodurch die durch die Wärmeausdehnungsfehlanpassung verursachte Belastung wirksam gelindert und verhindert werden kann, dass sich die Beschichtung ablöst. Darüber hinaus trägt die hohe Wärmeleitfähigkeit der Molybdänbeschichtung dazu bei, Wärme von der Keramikschicht zum Substrat zu leiten, wodurch die Leistung des Wärmedämmsystems optimiert wird.

In den Hot-End-Komponenten von Raumfähren oder Hyperschallfahrzeugen wirken Molybdän-Beschichtungen auch als Anti-Ablation. Ablation bezieht sich auf den allmählichen Verlust von Materialien unter dem Einfluss von Hochtemperatur-Luftströmen, und Molybdänbeschichtungen können die Ablationsrate verlangsamen und kritische Komponenten durch ihren hohen Schmelzpunkt und ihre chemische Stabilität schützen. Die Anwendung dieser Beschichtungstechnologie ermöglicht es Raumfahrzeugen, längere Missionen in extremen Umgebungen durchzuführen und technische Unterstützung für die Erforschung des Weltraums und Hochgeschwindigkeitsflüge zu bieten.

5.1.3 Verschleißfeste und korrosionsbeständige Beschichtung für Raumfahrzeuge

Raumfahrzeuge sind während des Starts, des Betriebs und der Bergung mit komplexen Umweltherausforderungen konfrontiert, darunter atmosphärische Reibung, chemische Korrosion und mechanischer Verschleiß. Abriebfeste und korrosionsbeständige Beschichtungen, die mit Molybdän-Sprühdraht hergestellt werden, werden häufig in der Außenstruktur und in Schlüsselkomponenten von Raumfahrzeugen wie Satellitenantennen, Antriebssystemkomponenten und Landevorrichtungen verwendet. Diese Beschichtungen werden durch Lichtbogenspritzen oder HVOF-Technologie abgeschieden, wodurch die Haltbarkeit und Zuverlässigkeit von Bauteilen deutlich verbessert werden kann.

Auf der Außenseite von Raumfahrzeugen ist die Molybdänbeschichtung beständig gegen Luftsauerstoff- und Feuchtigkeitskorrosion, insbesondere in der Umgebung des Startplatzes in ozeanischen Klimazonen. Die hohe Härte und der niedrige Reibungskoeffizient der Molybdänbeschichtung machen sie widerstandsfähig gegen Stoßverschleiß durch winzige Partikel wie Staub- oder Eispartikel, die beim Hochgeschwindigkeitsflug auftreten. Darüber hinaus ermöglicht die chemische Inertheit der Molybdänbeschichtung, dass sie stabil bleibt, wenn sie chemischen Brennstoffen oder Oxidationsmitteln ausgesetzt wird, wodurch kritische Komponenten des Raumfahrzeugs vor Erosion geschützt werden.

Die geringen Reibungseigenschaften von Molybdänbeschichtungen sind besonders wichtig für die beweglichen Teile von Satelliten, wie z. B. Scharniere von Solarflügeln oder Antennenantriebe. Diese Komponenten erfordern hochpräzise Bewegungen in einer Vakuumumgebung, und jede Reibung oder jeder Verschleiß kann zu Funktionsausfällen führen. Die mit Molybdän-Spritzdraht hergestellte Beschichtung sorgt durch ihre glatte Oberfläche und ihre hervorragende Verschleißfestigkeit für einen langzeitstabilen Betrieb dieser Bauteile. Fortschritte in der Beschichtungstechnologie für Raumfahrzeuge haben nicht nur die Leistung der Ausrüstung

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

verbessert, sondern auch eine zuverlässigere Materialunterstützung für zukünftige Missionen zur Erforschung des Weltraums ermöglicht.

5.2 Automobilindustrie

Die Automobilindustrie ist ein wichtiges Anwendungsgebiet für Molybdän-Sprühdraht, der aufgrund seiner Verschleißfestigkeit, hohen Temperaturbeständigkeit und geringen Reibungseigenschaften häufig zur Verbesserung der Leistung von Motor-, Abgassystem- und Bremssystemkomponenten verwendet wird. In diesem Abschnitt werden die spezifischen Anwendungen von Molybdän-Sprühdraht in Motorkolben- und Zylinderblockbeschichtungen, Hochtemperaturbeschichtungen für Abgasanlagen und Verschleißbeschichtungen für Bremssysteme untersucht.

5.2.1 Motorkolben- und Blockbeschichtung

Die Kolben und Zylinderblöcke von Automobilmotoren sind die Kernkomponenten von Automobilen, die in Umgebungen mit hohen Temperaturen, hohem Druck und hoher Geschwindigkeit betrieben werden müssen. Die mit Molybdän-Sprühdraht hergestellte Molybdänbeschichtung wird aufgrund ihrer hohen Härte und ihres niedrigen Reibungskoeffizienten zu einer idealen Schutzschicht für die Kolben- und Zylinderoberfläche. Molybdänbeschichtungen werden in der Regel durch Lichtbogenspritzen oder Flammspritzverfahren auf der Oberfläche von Aluminiumlegierungen oder Gusseisensubstraten abgeschieden, um eine zähe Schutzschicht zu bilden, die den Reibungsverschleiß erheblich reduziert und die Effizienz und Lebensdauer des Motors verbessert.

Bei der Anwendung von Kolbenringen kann die Molybdänbeschichtung die Reibung mit der Zylinderwand effektiv reduzieren, wodurch der Energieverlust und der Kraftstoffverbrauch reduziert werden. Die poröse Struktur der Molybdänbeschichtung verfügt zudem über eine gewisse Ölspeicherkapazität, die in der Lage ist, die Schmierung während des Betriebs aufrechtzuerhalten und Verbrennungen durch Trockenreibung zu verhindern. Darüber hinaus ermöglicht die Hochtemperaturbeständigkeit der Molybdänbeschichtung, dass sie in der Hochtemperaturumgebung der Brennkammer stabil bleibt und der Korrosion von Verbrennungsprodukten widersteht. Die Anwendung dieser Beschichtungstechnologie ermöglicht es modernen Automobilmotoren, mit höheren Verdichtungsverhältnissen und Leistungen bei gleichzeitig niedrigen Wartungskosten zu arbeiten.

Ebenso wichtig ist die Molybdänbeschichtung auf der Innenseite des Zylinderblocks. Die Oberfläche des Zylinderblocks muss der wiederholten Reibung des Kolbenrings und dem Aufprall von Hochtemperaturgas standhalten, und es ist für gewöhnliche Materialien schwierig, die Leistung über einen längeren Zeitraum aufrechtzuerhalten. Eine Molybdänbeschichtung kann die Oberfläche des Zylinderblocks effektiv schützen und durch ihre hohe Härte und Temperaturwechselbeständigkeit seine Lebensdauer verlängern. In einigen Hochleistungsfahrzeugen werden Molybdän-Beschichtungen in Kombination mit anderen Materialien, wie z. B. keramischen oder kohlenstoffbasierten Beschichtungen, verwendet, um eine Verbundbeschichtung zu bilden, die die Leistung weiter steigert. Der flächendeckende Einsatz

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

dieser Technologie hat die Automobilindustrie zu einer effizienteren und umweltfreundlicheren Entwicklung veranlasst.

5.2.2 Hochtemperaturbeständige Beschichtung für Abgasanlage

Kfz-Abgassysteme werden in Umgebungen mit hohen Temperaturen und korrosiven Gasen betrieben und erfordern eine hervorragende Hitze- und Korrosionsbeständigkeit. Aufgrund ihres hohen Schmelzpunkts und ihrer chemischen Stabilität werden Molybdänbeschichtungen, die mit Molybdän-Spritzdraht hergestellt werden, häufig im Oberflächenschutz von Auspuffrohren, Katalysatoren und Schalldämpfern eingesetzt. Diese Beschichtungen werden durch Plasmaspritzen oder HVOF-Technologie abgeschieden und sind resistent gegen Erosion und Oxidation durch Hochtemperaturabgase.

Die Betriebstemperatur der Abgasanlage kann bis zu mehr als 800 °C betragen, insbesondere bei aufgeladenen Motoren, bei denen die Abgastemperatur noch höher ist. Molybdänbeschichtungen verhindern durch die Bildung einer stabilen Oxidschicht das Oxidieren oder Verspröden von Substraten wie Edelstahl oder Baustahl bei hohen Temperaturen. Darüber hinaus ermöglicht die Temperaturwechselbeständigkeit der Molybdänbeschichtung, dass sie häufigen Heiß- und Kältezyklen standhält und Risse oder Abplatzungen durch Temperaturschwankungen vermeidet. In Katalysatoren schützt die Molybdänbeschichtung auch den Edelmetallkatalysator im Inneren, verlängert dessen Lebensdauer und verbessert die Effizienz der Abgasnachbehandlung.

Die geringen Reibungseigenschaften von Molybdänbeschichtungen spielen auch in bestimmten Teilen des Abgassystems, wie z. B. Ventilen oder Anschlüssen, eine wichtige Rolle. Diese Komponenten müssen sich bei hohen Temperaturen flexibel bewegen lassen, und die Anwendung von Molybdänbeschichtungen kann den Reibungsverschleiß reduzieren und die Systemzuverlässigkeit verbessern. Durch die Molybdän-Sprühdrahttechnologie kann die Autoabgasanlage eine langfristig stabile Leistung in rauen Umgebungen aufrechterhalten und bietet eine wichtige Unterstützung für die Umweltleistung und Haltbarkeit des Fahrzeugs.

5.2.3 Verschleißfeste Beschichtung für Bremsanlage

Das Bremssystem ist das Herzstück der automobilen Sicherheit, und Bremsscheiben und -beläge sind hohen Reibungs- und thermischen Belastungen ausgesetzt. Die mit Molybdän-Sprühdraht hergestellte Molybdänbeschichtung wird aufgrund ihrer hohen Härte und Verschleißfestigkeit häufig auf der Oberfläche von Bremsscheiben verwendet und verbessert ihre Fähigkeit, Verschleiß und thermischem Zerfall zu widerstehen. Molybdänschichten werden durch HVOF- oder Lichtbogenspritztechnologie abgeschieden, um eine zähe Schutzschicht zu bilden, die die Leistung und Lebensdauer des Bremssystems erheblich verbessert.

Beim Bremsen entsteht durch die Hochgeschwindigkeitsreibung zwischen Bremsscheibe und Bremsbelägen viel Wärme, was zu einem starken Anstieg der Oberflächentemperatur führt. Die hohe Wärmeleitfähigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit der Molybdänbeschichtung kann die Wärme effektiv ableiten und verhindern, dass die Bremsscheibe überhitzt und sich verformt oder reißt. Darüber hinaus trägt der niedrige Reibungskoeffizient der Molybdänbeschichtung dazu bei,

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

den Energieverlust beim Bremsen zu reduzieren und die Bremseffizienz zu verbessern. In Hochleistungssportwagen oder schweren Nutzfahrzeugen widerstehen Molybdän-Beschichtungen auch dem Verschleiß durch häufiges Bremsen und verlängern so die Lebensdauer der Bremsscheiben.

Ebenso wichtig ist das Aufbringen von Molybdänbeschichtung für Bremsbeläge. Die Molybdänbeschichtung kann die Verschleißfestigkeit und die Hochtemperaturbeständigkeit von Bremsbelägen verbessern, die Bildung von Verschleißpartikeln reduzieren und die Umweltbelastung durch Bremsstaub verringern. Im Bereich der Elektrofahrzeuge ist die Anwendung von Molybdänbeschichtungen besonders wichtig, da das Bremssystem von Elektrofahrzeugen eine höhere Haltbarkeit erfordert, um sich an den Arbeitsmodus des regenerativen Bremsens anzupassen. Durch das Sprühen der Molybdändrahttechnologie wurde die Leistung des Bremssystems erheblich verbessert, was eine Garantie für die Sicherheit und den Umweltschutz des Autos darstellt.

5.3 Chemie- und Energieindustrie

Die Chemie- und Energieindustrie umfasst eine Vielzahl extremer Umgebungen, darunter hochkorrosive Chemikalien, hohe Temperaturen und hohe Drücke, und Beschichtungen, die mit Molybdän-Spritzdraht hergestellt werden, sind aufgrund ihrer Korrosionsbeständigkeit und hohen Temperaturbeständigkeit zu wichtigen Materialien in diesen Bereichen geworden. In diesem Abschnitt wird die Anwendung von spritzbeschichtetem Molybdändraht in korrosionsbeständigen Beschichtungen für Rohre und Ventile, Reaktoren und Wärmetauscher sowie Solar- und Windkraftanlagen untersucht.

5.3.1 Korrosionsbeständige Rohre und Armaturen

Rohre und Armaturen in der chemischen Industrie sind oft starken Säuren, Laugen oder anderen korrosiven Medien ausgesetzt, und gewöhnliche Materialien können dieser Erosion nur schwer über längere Zeit standhalten. Molybdänbeschichtungen, die mit Molybdän-Sprühdraht hergestellt werden, werden aufgrund ihrer hervorragenden chemischen Stabilität und Korrosionsbeständigkeit häufig im Oberflächenschutz von Rohrleitungen und Armaturen eingesetzt. Diese Beschichtungen werden durch Plasmaspritz- oder Kaltspritztechnologie abgeschieden, um eine dichte Schutzschicht zu bilden, die korrosive Medien effektiv isoliert.

In der petrochemischen Industrie müssen Rohre und Ventile schwefelhaltigen Verbindungen, Chloriden und anderen korrosiven Gasen standhalten. Die chemische Inertheit von Molybdänbeschichtungen ermöglicht es, dass sie in diesen Umgebungen stabil bleiben und Korrosion und Lochfraß von Substraten wie Kohlenstoffstahl oder Edelstahl verhindern. Darüber hinaus widersteht die hohe Härte der Molybdänbeschichtung der Erosion und dem Verschleiß von Feststoffpartikeln im strömenden Medium und verlängert so die Lebensdauer von Rohren und Ventilen. Auf Offshore-Öl- und Gasplattformen ist das Aufbringen von Molybdänbeschichtungen besonders wichtig, da sie der Korrosion von Meerwasser und Salzsprühnebel widerstehen können und so die Zuverlässigkeit der Ausrüstung in rauen Umgebungen gewährleisten.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Die beweglichen Teile von Ventilen, wie z. B. Schieber und Sitze, erfordern eine geringe Reibung und eine hohe Verschleißfestigkeit, und das Aufbringen von Molybdänbeschichtungen kann die Leistung dieser Komponenten erheblich verbessern. Die glatte Oberfläche der Molybdänbeschichtung und der niedrige Reibungskoeffizient reduzieren den Widerstand während der Ventilbetätigung und verbessern so die Flexibilität und Dichtheit des Schalters. Durch den Einsatz der Molybdändraht-Sprühtechnologie werden die Wartungsintervalle für chemische Rohre und Ventile verlängert, wodurch Betriebskosten und Ausfallzeiten reduziert werden.

5.3.2 Reaktor- und Wärmetauscherbeschichtungen

Chemische Reaktoren und Wärmetauscher sind die Kernausrüstung in der chemischen Produktion, die in Umgebungen mit hohen Temperaturen, hohem Druck und korrosiven Umgebungen betrieben werden muss. Die mit Molybdän-Sprühdraht hergestellte Molybdänbeschichtung ist aufgrund ihrer hohen Temperaturbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit ein ideales Schutzmaterial für diese Geräte. Die Molybdänbeschichtung wird durch HVOF- oder Plasmaspritztechnologie abgeschieden, die in der Lage ist, eine zähe Schutzschicht zu bilden, die die Innenflächen von Reaktoren und Wärmetauschern schützt.

In Reaktoren sind oft komplexe chemische Reaktionen erforderlich, bei denen Hochtemperaturgase und korrosive Flüssigkeiten entstehen, die extrem hohe Anforderungen an die Materialien stellen. Der hohe Schmelzpunkt und die chemische Stabilität von Molybdänbeschichtungen ermöglichen es ihnen, dem Angriff durch saure oder alkalische Medien zu widerstehen und gleichzeitig die strukturelle Integrität bei hohen Temperaturen zu erhalten. In Wärmetauschern trägt die hervorragende Wärmeleitfähigkeit von Molybdänbeschichtungen zur Verbesserung der Wärmeaustauscheffizienz bei, während die Temperaturwechselbeständigkeit häufigen Temperaturschwankungen standhält und ein Reißen oder Ablösen der Beschichtung verhindert.

In der Nuklearindustrie werden Molybdänbeschichtungen eingesetzt, um die Rohrbündel von Wärmetauschern vor Korrosion radioaktiver Medien zu schützen. Der geringe Neutronenabsorptionsquerschnitt der Molybdänbeschichtung verschafft ihr einen einzigartigen Vorteil in der Kernreaktionsumgebung, da sie Schutz bietet, ohne die Effizienz der Reaktion zu beeinträchtigen. Durch das Sprühen der Molybdändrahttechnologie wurden die Leistungsfähigkeit und Sicherheit von Reaktoren und Wärmetauschern deutlich verbessert, was einen Garant für den stabilen Betrieb der Chemie- und Energieindustrie darstellt.

5.3.3 Beschichtungen für Solar- und Windenergieanlagen

Die rasante Entwicklung von Anlagen für erneuerbare Energien hat neue Anforderungen an die Materialeigenschaften gestellt, und Beschichtungen, die mit Molybdän-Spritzdraht hergestellt werden, spielen eine wichtige Rolle in Solar- und Windenergieanlagen. Diese Beschichtungen erhöhen die Effizienz und Langlebigkeit von Anlagen durch ihre Abriebfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und hohe Wärmeleitfähigkeit.

In solarthermischen Stromerzeugungsanlagen werden Molybdänbeschichtungen auf den Oberflächenschutz von Kollektorrohren aufgebracht. Die hohe Wärmeleitfähigkeit und

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Temperaturwechselbeständigkeit der Molybdänbeschichtung gewährleistet eine effiziente Wärmeübertragung und verhindert gleichzeitig Schäden durch Hochtemperaturoxidation und Temperaturwechsel. In Windenergieanlagen werden Molybdänbeschichtungen zum Schutz von Rotorblättern und Lagern in Windkraftanlagen eingesetzt. Windkraftanlagen arbeiten in einer volatilen natürlichen Umgebung, die Sand, Feuchtigkeit und Salznebel ausgesetzt ist, und die Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit von Molybdänbeschichtungen kann die Lebensdauer von Rotorblättern und Lagern effektiv verlängern.

Die geringen Reibungseigenschaften von Molybdänbeschichtungen sind besonders wichtig für das Getriebesystem von Windkraftanlagen, da sie den Verschleiß von Getrieben und Lagern reduzieren und die Effizienz der Energieumwandlung verbessern. Die Kaltspritztechnologie wird zunehmend auch in Anlagen für erneuerbare Energien eingesetzt, und ihre Niedertemperatureigenschaften eignen sich für die Herstellung von Molybdänbeschichtungen für Verbund- oder Leichtmetallsubstrate, um thermische Schäden zu vermeiden. Die Zuverlässigkeit und Effizienz von Solar- und Windenergieanlagen wurde durch den Einsatz der Molybdändraht-Sprühtechnologie, die die Popularisierung erneuerbarer Energien technisch unterstützt, erheblich verbessert.

5.4 Elektronik- und Halbleiterindustrie

Die Elektronik- und Halbleiterindustrie stellt extrem hohe Anforderungen an die Reinheit, Leitfähigkeit und thermische Stabilität von Materialien, und Molybdän-Sprühdraht hat sich aufgrund seiner hohen Reinheit und hervorragenden physikalischen Eigenschaften zu einem wichtigen Material in diesem Bereich entwickelt. In diesem Abschnitt wird die Anwendung von sprühbeschichtetem Molybdändraht in Heizdraht für die Vakuumbeschichtung, Halbleiterleitungen und -elektroden sowie in der Molybdändrahtbeschichtung für die Dünnschichtabscheidung erörtert.

5.4.1 Heizdraht für die Vakuumbeschichtung

Die Vakuumbeschichtung ist eine Dünnschicht-Vorbereitungstechnik, die häufig in der Elektronik- und Halbleiterindustrie zur Herstellung von Geräten wie Displays, Sensoren und integrierten Schaltkreisen verwendet wird. Molybdän-Sprühdraht wird aufgrund seines hohen Schmelzpunkts und seiner guten elektrischen Leitfähigkeit häufig als Heizdraht für Vakuumbeschichtungsanlagen verwendet. Molybdändraht wird durch Widerstand erhitzt, um hohe Temperaturen zu erzeugen, wobei verdampfte Materialien wie Aluminium oder Kupfer verdampft und auf der Oberfläche des Substrats abgeschieden werden, um einen gleichmäßigen Film zu bilden.

Die hohe Reinheit und chemische Stabilität von Molybdändraht ermöglicht es, über lange Zeiträume in einer Vakuumumgebung zu arbeiten und eine Kontamination durch Oxidation oder Verflüchtigung von Verunreinigungen zu vermeiden. Molybdän-Sprühdraht verbessert die Oxidationsbeständigkeit durch Oberflächenmodifikation (z.B. Silikonisierung) weiter und verlängert die Lebensdauer des Heizdrahtes. Darüber hinaus ermöglichen die mechanische Festigkeit und die Temperaturwechselbeständigkeit von Molybdändraht, dass er häufigen Heiz- und Abkühlzyklen standhält und eine stabile Leistung beibehält. In hochpräzisen Beschichtungsanlagen sind die Gleichmäßigkeit und Oberflächenbeschaffenheit des Molybdändrahts entscheidend für die Qualität der Folie, und der Sprühprozess stellt diese Eigenschaften des Drahtes sicher.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

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/cm³
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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

5.4.2 Halbleiterleitungen und -elektroden

Leitungen und Elektroden in Halbleiterbauelementen erfordern eine hohe Leitfähigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit, und Molybdänbeschichtungen, die mit Molybdän-Sprühdrähten hergestellt werden, werden aufgrund ihrer hervorragenden elektrischen und mechanischen Eigenschaften häufig für diese Komponenten verwendet. Die Molybdänschicht wird durch Plasmaspritz- oder Kaltspritztechnik auf der Oberfläche des Leadframes oder der Elektrode abgeschieden, um eine hochleitfähige und korrosionsbeständige Schutzschicht zu bilden.

Im Halbleiter-Packaging wird der Leadframe einem Hochtemperaturlöten und einer chemischen Reinigung unterzogen, und die chemische Inertheit und hohe Härte der Molybdänbeschichtung schützen den Rahmen vor Beschädigungen. In Leistungshalbleiterbauelementen werden Molybdänbeschichtungen auf der Oberfläche von Elektroden verwendet, um deren Leitfähigkeit und Verschleißfestigkeit zu verbessern und einen stabilen Betrieb des Geräts bei hohen Strömen und Spannungen zu gewährleisten. Der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient der Molybdänbeschichtung verleiht ihr eine gute Anpassung an siliziumbasierte Materialien und reduziert die durch thermische Belastung verursachte Rissbildung.

5.4.3 Molybdändrahtbeschichtung für die Dünnschichtabscheidung

Die Dünnschichtabscheidung ist eine Schlüsseltechnologie in der Halbleiterindustrie zur Herstellung funktionaler dünner Schichten wie leitfähiger Schichten, Isolierschichten und Barriereschichten. Aufgrund seiner hohen Reinheit und Gleichmäßigkeit wird sprühbeschichteter Molybdändraht als Target oder Hilfsmaterial für die Dünnschichtabscheidung verwendet. Die Molybdänschicht wird durch Kaltspritz- oder Plasmaspritzverfahren auf der Oberfläche des Substrats abgeschieden, um einen hochdichten Film zu bilden, der für die physikalische Gasphasenabscheidung (PVD) oder die chemische Gasphasenabscheidung (CVD) geeignet ist.

Die ausgezeichnete elektrische Leitfähigkeit und chemische Stabilität der Molybdänbeschichtung ermöglicht eine stabile Leistung bei der Dünnschichtabscheidung und verhindert eine Degradation des Zielmaterials bei hohen Temperaturen oder reaktiven Gasen. Bei der Herstellung von Displays werden Molybdänbeschichtungen verwendet, um transparente leitfähige Filme (wie die Rückelektrode aus Indiumzinnoxid) herzustellen, um die Leitfähigkeit und Haltbarkeit der Folie zu verbessern. Die Effizienz und Qualität der Dünnschichtabscheidung wurden durch die Molybdän-Sprühdrahttechnologie erheblich verbessert, was die Innovation in der Elektronik- und Halbleiterindustrie unterstützt.

5.5 Medizin- und Biotechnik

Die Bereiche Medizin und Biotechnik stellen extrem hohe Anforderungen an die Biokompatibilität, Korrosionsbeständigkeit und Hochtemperaturleistung von Materialien, und die mit Molybdän-Sprühdraht hergestellte Molybdänbeschichtung wird aufgrund ihrer hervorragenden Leistung häufig in medizinischen Geräten und biotechnologischen Geräten eingesetzt. In diesem Abschnitt wird die Anwendung von Molybdän-Sprühdraht bei der Beschichtung von Heizelementen für Medizinprodukte und korrosionsbeständigen Medizinprodukten untersucht.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

5.5.1 Heizelemente für Medizinprodukte

Heizelemente in medizinischen Geräten, wie z. B. Skalpellheizungen, Dentalgeräten und Laboranalyseinstrumenten, müssen bei hohen Temperaturen stabil und zuverlässig sein. Als Material für diese Heizelemente wird sprühbeschichteter Molybdändraht mit seinem hohen Schmelzpunkt und seiner guten elektrischen Leitfähigkeit verwendet. Molybdändraht wird durch Beständigkeit erhitzt, um hohe Temperaturen zu erzeugen, und wird zum Schneiden, Kauterisieren oder Erhitzen von Proben verwendet, und seine hohe Reinheit und chemische Stabilität gewährleisten die Sicherheit in medizinischen Umgebungen.

In zahnärztlichen Geräten wird Molybdändraht als Heizelement in einem Hochtemperatur-Sinterofen zur Herstellung von Keramikkronen oder -implantaten verwendet. Die Hochtemperaturstabilität und Oxidationsbeständigkeit von Molybdändraht ermöglichen es ihm, seine Leistung über mehrere Heizzyklen hinweg aufrechtzuerhalten und Verunreinigungen durch Materialdegradation zu vermeiden. In Laboranalyseinstrumenten wird Molybdändraht als Heizelement in Massenspektrometern oder thermischen Analysegeräten verwendet, um eine genaue Erwärmung der Proben und zuverlässige Analyseergebnisse zu gewährleisten.

5.5.2 Korrosionsbeständige Beschichtungen für Medizinprodukte

Medizinische Geräte wie chirurgische Instrumente, Implantate und Diagnosegeräte müssen in Gegenwart von Körperflüssigkeiten oder Desinfektionsmitteln korrosionsbeständig bleiben. Molybdänbeschichtungen, die mit Molybdän-Sprühdraht hergestellt werden, werden aufgrund ihrer chemischen Inertheit und hohen Härte häufig zum Oberflächenschutz dieser Geräte verwendet. Molybdänbeschichtungen werden durch Kaltspritz- oder Plasmaspritzverfahren abgeschieden, um eine dichte Schutzschicht zu bilden, die Korrosion oder Verschleiß auf der Oberfläche der Anlage verhindert.

In orthopädischen Implantaten, wie z. B. künstlichen Gelenken oder Knochennägeln, können Molybdänbeschichtungen die Korrosionsbeständigkeit und Biokompatibilität von Substraten wie Titanlegierungen verbessern und Entzündungen reduzieren, die durch Implantatreaktionen auf Körperflüssigkeiten verursacht werden. Bei chirurgischen Instrumenten können die geringe Reibung und die hohe Härte der Molybdänbeschichtung den Widerstand beim Schneiden verringern und so die Haltbarkeit und Präzision des Werkzeugs verbessern. Durch das Sprühen der Molybdändrahttechnologie wurden die Leistungsfähigkeit und Sicherheit von Medizinprodukten deutlich verbessert und bieten eine Garantie für die Behandlung von Patienten.

5.6 Weitere Anwendungsbereiche

Die Verwendung von Molybdän-Spritzdraht beschränkt sich nicht nur auf die oben genannten Hauptbereiche, sondern spielt auch in der Marine- und Offshore-Technik, in Baumaschinen und Schwermaschinen sowie in Hochtemperaturöfen und Wärmebehandlungsanlagen eine wichtige Rolle. In diesem Abschnitt werden spezifische Anwendungen in diesen Bereichen untersucht.

5.6.1 Korrosionsschutzbeschichtungen für Schiffe und Offshore-Technik

Korrosion ist eine große Herausforderung für Schiffe und Offshore-Anlagen, die in Meerwasser,

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Salznebel und feuchten Umgebungen betrieben werden. Die mit Molybdän-Sprühdraht hergestellte Molybdänbeschichtung wird aufgrund ihrer hervorragenden Korrosionsbeständigkeit und hohen Härte häufig im Pipeline-Schutz von Schiffsschrauben, Ruderwellen und Offshore-Plattformen eingesetzt. Die Molybdänbeschichtung wird durch HVOF- oder Lichtbogenspritztechnologie abgeschieden, die der galvanischen Korrosion des Meerwassers sowie der Erosion und dem Verschleiß von Feststoffpartikeln wirksam widerstehen kann.

In Offshore-Plattformen werden Molybdänbeschichtungen verwendet, um Bohrrohre und Ventile zu schützen und deren Lebensdauer in rauen Umgebungen zu verlängern. Die geringen Reibungseigenschaften der Molybdänbeschichtung verbessern auch die Leistung beweglicher Teile, wie z. B. Hydrauliksysteme, und reduzieren so den Wartungsbedarf. Die Zuverlässigkeit und Sicherheit von Marine- und Offshore-Ausrüstung wurde durch den Einsatz der Molybdändraht-Sprühtechnologie erheblich verbessert.

5.6.2 Verschleißfeste Beschichtungen für Baumaschinen und schwere Geräte

Baumaschinen und schwere Geräte wie Baggerschaufeln, Planierraupen und Brecherhämmer sind einem hohen Verschleiß und Stößen ausgesetzt. Die mit Molybdän-Spritzdraht hergestellte Molybdänbeschichtung ist aufgrund ihrer hohen Härte und Verschleißfestigkeit ein ideales Schutzmaterial für diese Bauteile. Die Molybdänbeschichtung wird durch die HVOF-Technologie abgeschieden, um eine zähe Schutzschicht gegen den Aufprall von Sand, Gestein und anderen Schleifmitteln zu bilden.

In schweren Maschinen reduzieren die geringen Reibungseigenschaften von Molybdänbeschichtungen den Verschleiß von Bauteil zu Bauteil und verbessern den mechanischen Wirkungsgrad. So verlängert beispielsweise die Molybdänbeschichtung einer Baggerschaufel deren Lebensdauer in felsigen Böden, wodurch die Häufigkeit des Austauschs und die Wartungskosten reduziert werden. Durch den Einsatz der Molybdändrahttechnologie wurden die Leistung und Haltbarkeit von Baumaschinen erheblich verbessert, was die Effizienz von Ingenieurprojekten unterstützt.

5.6.3 Hochtemperaturöfen und Wärmebehandlungsanlagen

Hochtemperaturöfen und Wärmebehandlungsanlagen müssen bei extrem hohen Temperaturen betrieben werden, und die Materialien müssen eine ausgezeichnete Beständigkeit gegen hohe Temperaturen und Oxidation aufweisen. Aufgrund seines hohen Schmelzpunktes und seiner chemischen Stabilität wird sprühbeschichteter Molybdändraht als Heizelement und Schutzbeschichtung für Hochtemperaturöfen verwendet. Molybdändraht wird durch Beständigkeit erhitzt, um hohe Temperaturen zu erzeugen, und wird in der Wärmebehandlung von Metallen, beim Keramiksintern und beim Schmelzen von Glas verwendet, und seine hohe Reinheit und Oxidationsbeständigkeit gewährleisten eine langfristig stabile Leistung.

In Wärmebehandlungsanlagen werden Molybdänbeschichtungen verwendet, um die Innenwände und Stützstrukturen von Öfen vor Hochtemperaturoxidation und chemischem Angriff zu schützen. Die hohe Wärmeleitfähigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit der Molybdänbeschichtung

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ermöglicht es, häufigen Temperaturwechseln standzuhalten und Risse oder Abplatzungen zu vermeiden. Durch die Molybdän-Sprühdraht-Technologie wurden die Leistung und Lebensdauer von Hochtemperaturöfen deutlich verbessert, was eine Garantie für die Stabilität und Effizienz der industriellen Produktion darstellt.

CTIA GROUP LTD Molybdän-Sprühdraht

Kapitel 6 Produktionsanlagen für Molybdän-Spritzdraht

Der Produktionsprozess von Molybdän-Spritzdraht umfasst viele komplexe Schritte, von der Rohstoffverarbeitung bis zur abschließenden Beschichtungsabscheidung, von denen jeder spezielle Geräte erfordert, um die Prozessgenauigkeit und die Stabilität der Produktqualität zu gewährleisten. In diesem Kapitel werden die verschiedenen Arten von Geräten, die für die Herstellung von Molybdän-Spritzdraht erforderlich sind, ausführlich erörtert, einschließlich Rohstoffverarbeitungsanlagen, Molybdändraht-Produktionsanlagen, Sprühgeräte, Hilfs- und Nachbearbeitungsanlagen sowie Automatisierungs- und intelligente Geräte. Zusammen bilden diese Maschinen die technische Basis für die Herstellung von beschichteten Molybdändrähten und unterstützen zuverlässig Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie, der Chemie- und Energiebranche.

6.1 Anlagen zur Verarbeitung von Rohstoffen

Die Rohstoffaufbereitung ist der erste Schritt bei der Herstellung von Molybdän-Spritzdraht, der einen komplexen Umwandlungsprozess von Molybdänerz zu hochreinem Molybdänpulver umfasst. Die Ausrüstung in dieser Phase muss über eine hohe Präzision und strenge Umweltkontrollfunktionen verfügen, um die hohe Reinheit und Konsistenz des Molybdänpulvers zu gewährleisten. In diesem Abschnitt werden Geräte zur Herstellung und Reduktion von

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Molybdänpulver sowie Sinteröfen und Schmiedeanlagen behandelt.

6.1.1 Anlagen zur Herstellung und Reduktion von Molybdänpulver

Die Ausrüstung zur Herstellung und Reduktion von Molybdänpulver ist das Herzstück der Rohstoffverarbeitung, die zur Umwandlung von Molybdänoxid (MoO_3) nach der Reinigung von Molybdänerz in hochreines Metall-Molybdänpulver verwendet wird. Dazu gehören Brecher, Mühlen, Flotationsanlagen und Wasserstoffreduktionsöfen, die jeweils eine spezifische Rolle in der Prozesskette spielen.

Brecher und Mühlen werden eingesetzt, um Molybdänerz aus großen Erzstücken zu feinen Partikeln zu verarbeiten. Backenbrecher und Kegelbrecher sind häufig verwendete Primärbrechanlagen, die in der Lage sind, Erz in kleinere Partikel zu zerkleinern und für die anschließende Mahlbehandlung geeignet sind. Die Mahlmaschine (z. B. eine Kugelmühle oder eine Stabmühle) mahlt das Erz weiter durch das Mahlmedium im rotierenden Zylinder, der Schwimmer = " ist, zu einem feinen Pulver; System: Wählen Sie zum Vorbereiten Trennen aus. Diese Geräte müssen mit effizienten Staubsammelsystemen ausgestattet sein, um die Staubkontamination zu reduzieren und gleichzeitig eine gleichmäßige Partikelgröße zu gewährleisten.

Flotationsanlagen sind der Schlüssel zum Aufbereitungsprozess und werden verwendet, um Molybdänit (MoS_2) vom fein gemahlenen Erz zu trennen. Die Flotationszelle besteht in der Regel aus mehreren Flotationstanks, die mit Gülle und Luft gefüllt sind, die mit Kollektoren und Schaumbildnern kombiniert werden, um Schaum zu bilden und Molybdänitpartikel von Verunreinigungen abzutrennen. Moderne Flotationsanlagen verfügen über ein automatisches Steuerungssystem, das die Menge des zugegebenen Mittels und den Blasenfluss in Echtzeit anpassen und die Aufbereitungseffizienz und die Reinheit des Konzentrats verbessern kann. Das Flotationsmolybdänkonzentrat wird filtriert und getrocknet, um es für die anschließende Röstung vorzubereiten.

Der Röster dient der Umwandlung von Molybdänit in Molybdänoxid und ist ein wichtiger Schritt bei der Herstellung von Molybdänpulver. Drehrohröfen und Mehrkammeröfen sind häufig verwendete Röstanlagen, um Schwefel aus Molybdänit durch Hochtemperaturoxidation zu entfernen und Molybdänoxidpulver herzustellen. Diese Öfen müssen mit präzisen Temperiersystemen und Abgasreinigungsanlagen ausgestattet sein, um eine vollständige Entfernung des Schwefels zu gewährleisten und die Schwefeldioxidemissionen zu reduzieren. Das geröstete Molybdänoxid wird durch Ammoniaklaugungsanlagen weiter gereinigt, um Spuren von Verunreinigungen zu entfernen und eine hochreine Ammoniummolybdatlösung zu bilden.

Der Wasserstoffreduktionsofen ist die Kernausrüstung für die Herstellung von Molybdänpulver, das zur Reduktion von Molybdänoxid oder Ammoniummolybdat zu Metall-Molybdänpulver verwendet wird. Der Reduktionsprozess wird in der Regel in zwei Stufen unterteilt: Die erste Stufe reduziert Molybdänoxid bei niedrigeren Temperaturen zu Molybdändioxid (MoO_2), die zweite Stufe reduziert Molybdänmetall bei höheren Temperaturen weiter zu Metall. Diese Öfen sind in Rohr- oder Schubbootausführung erhältlich und mit einem hochreinen Wasserstoffversorgungssystem und

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

einer präzisen Temperaturregelung ausgestattet, um die Stabilität des Reduktionsprozesses zu gewährleisten. Das Material des Ofenkörpers ist in der Regel eine Molybdänlegierung oder ein Quarz, der gegen hohe Temperaturen beständig ist, um eine Kontamination zu verhindern. Das reduzierte Molybdänpulver wird durch Windsichter oder Vibrationssieb sortiert, um sicherzustellen, dass die Partikelgröße und -verteilung den Anforderungen des Drahtziehprozesses entspricht.

Der koordinierte Betrieb dieser Anlagen erfordert eine hochreine Produktionsumgebung, um eine externe Kontamination durch Molybdänpulver zu vermeiden. Moderne Molybdänpulver-Aufbereitungsanlagen integrieren auch ein Online-Überwachungssystem, das die chemische Zusammensetzung und die Partikelgrößenverteilung des Pulvers in Echtzeit erkennen kann, um die Konsistenz der Produktqualität zu gewährleisten.

6.1.2 Sinteröfen und Schmiedeanlagen

In Sinteröfen und Schmiedeanlagen wird Molybdänpulver zu einem dichten Rohling gepresst und zu Molybdänstäben weiterverarbeitet, die für das Drahtziehen geeignet sind. Der Sinterofen ist die Kernausrüstung des pulvermetallurgischen Prozesses, und die Molybdänpulverpartikel werden durch Hochtemperaturbehandlung zu einer starken Metallstruktur verbunden. Schmiedeanlagen optimieren die Mikrostruktur des Rohlings durch mechanische Verformung, um seine Festigkeit und Duktilität zu verbessern.

Sinteröfen verwenden in der Regel Vakuum oder Wasserstoff, um die Atmosphäre vor oxidierendem Molybdän bei hohen Temperaturen zu schützen. Vakuum-Sinteröfen eignen sich für die Herstellung von hochreinen Molybdän-Rohlingen durch Vakuumieren, um dem Ofen Sauerstoff und Feuchtigkeit zu entziehen. Der Wasserstoff-Sinterofen schafft eine reduzierende Atmosphäre, indem er kontinuierlich hochreinen Wasserstoff zuführt, der nicht nur die Oxidation verhindert, sondern auch Spurenoxide auf der Oberfläche des Rohlings reinigt. Moderne Sinteröfen sind mit mehrstufigen Heizzonen und präzisen Temperaturregelungssystemen ausgestattet, die in der Lage sind, die Sintertemperatur und die Haltezeit entsprechend den Eigenschaften des Molybdänpulvers anzupassen und die Dichte und Kornstruktur des Rohlings zu optimieren. Einige fortschrittliche Sinteröfen integrieren auch automatisierte Be- und Entladesysteme, um die Produktionseffizienz zu verbessern.

Die Schmiedeausrüstung umfasst eine Warmschmiedemaschine und ein Warmwalzwerk zur Verarbeitung des gesinterten Molybdänknüppels zu einem länglichen Molybdänstab. Die Warmschmiedemaschine verwendet hydraulisches oder mechanisches Hämmern, um den Rohling bei hohen Temperaturen zu verformen, die Körner zu verfeinern und innere Fehler zu beseitigen. Das Warmwalzwerk verkleinert den Durchmesser des Knüppels schrittweise durch eine Reihe von Walzen, um einen gleichmäßigen Molybdänstab herzustellen. Diese Geräte müssen mit einer Hochtemperaturheizung ausgestattet sein, um die Duktilität von Molybdän aufrechtzuerhalten, sowie mit einem Schutzatmosphärensystem, um Oxidation zu verhindern. Der Schmiede- und Walzprozess erfordert eine präzise Steuerung der Verformungsgeschwindigkeit und der Temperatur, um Rissbildung des Rohlings oder Oberflächenfehler zu vermeiden.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Durch die Synergie zwischen dem Sinterofen und der Schmiedeanlage entsteht ein hochwertiger Rohstoff für die Herstellung von Molybdändraht. Durch digitale Steuerung und Echtzeitüberwachung können moderne Anlagen die Produktionseffizienz und Produktkonsistenz deutlich verbessern und so eine solide Grundlage für den nachfolgenden Ziehprozess schaffen.

6.2 Anlagen zur Herstellung von Molybdändraht

Die Herstellung von Molybdändraht ist eine kritische Phase bei der Verarbeitung von Molybdänstäben zu Filamenten, die Prozesse wie Drahtziehen, Glühen und Oberflächenbehandlung umfasst. Diese Prozesse erfordern hochpräzise Geräte, um die harten und spröden Eigenschaften von Molybdän zu überwinden und die Maßgenauigkeit und Oberflächenqualität des Drahtes zu gewährleisten. In diesem Abschnitt werden Drahtziehmaschinen und -matrizen, Glühöfen und Wärmebehandlungsanlagen sowie Geräte zur Oberflächenreinigung und -politur behandelt.

6.2.1 Drahtziehmaschinen und -matrizen

Die Drahtziehmaschine ist die Kernausrüstung für die Herstellung von Molybdändraht, mit der der Molybdänstab durch eine Form zu einem Filament gespannt wird. Die Drahtziehmaschine ist unterteilt in eine Singlemode-Drahtziehmaschine und eine kontinuierliche Multimode-Drahtziehmaschine, die jeweils ihre eigenen anwendbaren Szenarien haben. Die Einmatrizen-Drahtziehmaschine eignet sich für die Produktion in kleinen Stückzahlen mit hoher Präzision, ist mit einer einzigen Form ausgestattet, und jede Zeichnung wird durch manuellen oder halbautomatischen Betrieb abgeschlossen. Die kontinuierliche Ziehmaschine mit mehreren Modi eignet sich für die Großserienproduktion und ist mit mehreren Matrizen und einer Traktionsvorrichtung ausgestattet, die den Molybdänstab kontinuierlich dehnen kann, was die Effizienz erheblich verbessert.

Das Herzstück der Drahtziehmaschine ist die Matrize, die in der Regel aus Wolframkarbid oder polykristallinem Diamant besteht und eine extrem hohe Härte und Verschleißfestigkeit aufweist. Das Blendendesign der Matrize muss genau den Zeichnungsanforderungen entsprechen, und die Sequenz der Öffnungsverringerung wird wissenschaftlich berechnet, um eine gleichmäßige Verformung des Drahtes zu gewährleisten. Das Schmiersystem ist ein wichtiger Bestandteil der Drahtziehmaschine, durch das Sprühen von Graphitemulsion oder Molybdändisulfid-Schmiermittel wird die Reibung zwischen der Form und dem Molybdändraht reduziert, die Lebensdauer der Matrize verlängert und die Oberflächenqualität des Drahtes verbessert. Moderne Drahtziehmaschinen sind außerdem mit einem Zugregelungssystem und einer Kühlung ausgestattet, um ein Brechen oder Überhitzen des Drahtes während des Ziehvorgangs zu verhindern.

Die Herstellung und Wartung der Form ist der Schlüssel zum Ziehprozess. Hochwertige Formen müssen regelmäßig poliert und inspiziert werden, um die Genauigkeit der Apertur und der Oberflächengüte zu gewährleisten. Einige fortschrittliche Drahtziehmaschinen integrieren ein Inline-Inspektionssystem, das in der Lage ist, Drahtdurchmesser und Oberflächenfehler in Echtzeit zu überwachen und die Ziehparameter rechtzeitig anzupassen. Dieses hochpräzise Gerätedesign gewährleistet die Maßhaltigkeit und die mechanischen Eigenschaften des Molybdändrahtes und liefert einen hochwertigen Draht für den Sprühprozess.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

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/cm³
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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

6.2.2 Glühöfen und Wärmebehandlungsanlagen

Glühöfen und Wärmebehandlungsanlagen werden eingesetzt, um die während des Drahtziehprozesses eingebrachten inneren Spannungen zu beseitigen, die Kristallstruktur des Molybdändrahts wiederherzustellen und seine Duktilität und Zähigkeit zu verbessern. Diese Geräte müssen im Vakuum oder in Schutzatmosphäre betrieben werden, um eine Oxidation der Oberfläche des Molybdändrahtes zu verhindern.

Vakuumglühöfen eignen sich für die Herstellung von hochreinem Molybdändraht durch Vakuumieren, um dem Ofen Sauerstoff zu entziehen. Der Ofen ist mit einem Hochtemperatur-Heizelement (z. B. Molybdän- oder Wolfram-Heizdraht) ausgestattet, das eine präzise Regelung der Temperatur und der Hochlaufgeschwindigkeit ermöglicht. Der Wasserstoffglühofen verwendet hochreinen Wasserstoff, um eine reduzierende Atmosphäre zu schaffen, die nicht nur die Oxidation verhindert, sondern auch Spurenoxide auf der Oberfläche des Drahtes reinigt. Moderne Glühöfen verwenden eine mehrstufige Heizkonstruktion, um das Gefüge des Molybdändrahtes durch progressive Erwärmung zu optimieren und so Überkorn oder Spannungsverschleppung zu vermeiden.

Die Wärmebehandlungsanlage umfasst auch ein Kühlsystem zur Steuerung der Abkühlgeschwindigkeit nach dem Glühen. Eine schnelle Abkühlung kann zu einer erneuten Anhäufung von Spannungen führen, während eine zu langsame Abkühlung die Produktivität beeinträchtigen kann. Einige fortschrittliche Glühöfen sind mit automatisierten Be- und Entladesystemen ausgestattet, die in der Lage sind, kontinuierlich mehrere Rollen Molybdändraht zu verarbeiten und so die Produktionseffizienz zu verbessern. Der Glühofen wurde auch unter dem Gesichtspunkt der Energieeffizienz konzipiert und die Wärmeverluste durch effiziente Isolier- und Rückgewinnungssysteme reduziert, die den Anforderungen einer umweltfreundlichen Fertigung entsprechen.

6.2.3 Geräte zum Reinigen und Polieren von Oberflächen

Oberflächenreinigungs- und Poliergeräte werden verwendet, um Schmiermittel, Oxide und andere Verunreinigungen von der Oberfläche von Molybdändraht zu entfernen und so eine hervorragende Oberflächenqualität während des Beschichtungsprozesses zu gewährleisten. Dazu gehören chemische Reinigungstanks, Ultraschallreiniger und Polieranlagen.

In chemischen Reinigungsbädern werden milde saure oder alkalische Lösungen wie verdünnte Salzsäure oder Natriumhydroxid verwendet, um Oxidschichten und organische Rückstände von der Oberfläche von Molybdändrähten zu entfernen. Der Reinigungstank ist in der Regel mit einem zirkulierenden Filtersystem ausgestattet, um die Reinheit der Reinigungslösung zu gewährleisten und eine Sekundärkontamination zu verhindern. Nach der Reinigung wird der Molybdändraht durch den Spültank mit entionisiertem Wasser gründlich gereinigt, um chemische Rückstände zu vermeiden, die die Sprühwirkung beeinträchtigen.

Ultraschallreiniger verwenden hochfrequente Schallwellen, um winzige Blasen in Flüssigkeiten zu erzeugen und mikrometergroße Partikel und Ölflecken durch die Einwirkung des Platzens von

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Blasen zu entfernen. Diese Maschine eignet sich besonders für die Verarbeitung von kleinen Molybdändrähten und ist in der Lage, in die mikroskopisch kleinen Vertiefungen der Filamentoberfläche einzudringen, um eine vollständige Reinigung zu gewährleisten. Die Frequenz und Leistung des Ultraschallreinigers müssen entsprechend der Größe des Drahtes angepasst werden, um eine Beschädigung der Oberfläche zu vermeiden.

Die Polierausrüstung umfasst eine mechanische Poliermaschine und ein elektrochemisches Poliergerät. Mechanische Poliermaschinen verwenden feine Schleifmittel wie Aluminiumoxid oder Diamantpulver, um die Oberfläche von Molybdändraht durch rotierende Bürsten oder Schleifbänder zu polieren und so einen Spiegeleffekt zu erzielen. Die elektrochemische Poliervorrichtung löst die mikroskopisch kleinen Vorsprünge auf der Oberfläche des Drahtes durch Elektrolyse selektiv auf, um eine glatte Oberfläche zu bilden. Diese Geräte können die Oberflächengüte von Molybdändraht erheblich verbessern, die Spritzer von geschmolzenen Tröpfchen während des Sprühprozesses reduzieren und die Qualität der Beschichtung verbessern.

6.3 Sprühgeräte

Sprühgeräte sind das Herzstück der Molybdän-Sprühdrahtherstellung, die zum Schmelzen und Abscheiden von Molybdändraht auf der Oberfläche des Substrats verwendet werden, um eine Schutzschicht zu bilden. Dazu gehören Flammspritzanlagen, Plasmaspritzgeräte, Lichtbogenspritzgeräte und Hochgeschwindigkeits-Autogenspritzgeräte (HVOF), jeweils für unterschiedliche Anwendungen und Beschichtungsanforderungen.

6.3.1 Flammspritzsysteme

Das Flammspritzsystem ist eine der frühesten thermischen Spritztechnologien, bei der der Molybdändraht mit einer Sauerstoff-Acetylen-Flamme erhitzt wird, wodurch er schmilzt oder halbschmelzt und mit Druckluft auf die Oberfläche des Substrats gesprüht wird. Die Flammspritzanlage besteht aus einer Spritzpistole, einer Drahtvorschubeinrichtung, einer Gaszuführung und einer Steuereinheit.

Die Spritzpistole ist die Kernkomponente des Flammenspritzsystems, ausgestattet mit einer Brennkammer und Düsen, die eine Hochtemperaturflamme erzeugen und die Richtung der Tröpfchen steuern. Die Drahtvorschubvorrichtung führt den Molybdändraht durch eine präzise Motorsteuerung mit konstanter Geschwindigkeit in die Spritzpistole ein und sorgt so für die Stabilität des Schmelzprozesses. Das Gasversorgungssystem liefert Sauerstoff und Acetylen, und das Mischungsverhältnis wird durch einen Durchflussmesser eingestellt, um die Flammentemperatur und -stabilität zu optimieren. Die Steuerung passt die Sprühparameter wie Drahtvorschubgeschwindigkeit, Flammenintensität und Sprühabstand über eine digitale Schnittstelle an.

Das Flammspritzsystem hat einen einfachen Aufbau und eignet sich für den Bau vor Ort und die großflächige Beschichtungsabscheidung und wird häufig in der Reparatur von Automobilteilen und beim Schutz von Industriemaschinen eingesetzt. Die Flammentemperatur ist jedoch niedriger und die Beschichtungsporosität hoch, was in Verbindung mit Nachbehandlungsanlagen optimiert

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

werden muss. Moderne Flammspritzsysteme integrieren eine automatisierte Steuerung und Online-Überwachung, um die Effizienz und Konsistenz des Sprühens zu verbessern.

6.3.2 Anlagen zum Plasmaspritzen

Plasmaspritzgeräte verwenden Hochtemperaturplasma (bis zu 15.000 °C), um Molybdändrähte zu schmelzen, um einen Hochgeschwindigkeitsstrom aus geschmolzenen Rinnsalen zu bilden, die sich auf der Oberfläche des Substrats ablagern und eine dichte Beschichtung bilden. Zu dieser Ausstattung gehören eine Plasmaspritzpistole, ein Stromversorgungssystem, ein Gasversorgungssystem und ein Kühlaggregat.

Die Plasmaspritzpistole wandelt ein Inertgas (wie Argon oder Stickstoff) mittels eines Lichtbogens in ein Hochtemperaturplasma um, und der Molybdändraht wird dem Plasmastrom zugeführt, wo er schnell schmilzt. Das Düsendesign der Spritzpistole muss die Stabilität und Richtungsabhängigkeit des Plasmastroms gewährleisten, um die Qualität der Beschichtung zu verbessern. Das Stromversorgungssystem liefert Hochspannungs-Gleichstrom, der die Stärke und Stabilität des Lichtbogens steuert. Das Gasversorgungssystem regelt den Durchfluss und die Zusammensetzung des Plasmagases genau, um den Schmelzeffekt zu optimieren. Die Kühlvorrichtung verhindert eine Überhitzung der Pistole durch Wasserkühlung oder Luftkühlung und verlängert so die Lebensdauer der Ausrüstung.

Plasmaspritzanlagen sind in der Lage, Molybdänbeschichtungen mit hoher Härte und geringer Porosität für Hochleistungsanwendungen in der Luft- und Raumfahrt sowie im Energiesektor herzustellen. Seine hohe Genauigkeit und Flexibilität ermöglichen es, Substrate mit komplexen Geometrien zu verarbeiten, aber die Gerätekosten sind hoch, der Betrieb ist komplex und es ist professioneller technischer Support erforderlich.

6.3.3 Lichtbogen-Spritzgerät

Das Lichtbogenspritzgerät verwendet eine Lichtbogenheizung zwischen zwei Molybdändrähten, um den Draht zu schmelzen und durch Druckluft auf die Oberfläche des Substrats zu sprühen. Ein solches Gerät umfasst eine Lichtbogenspritzpistole, ein Drahtvorschubsystem, ein Stromversorgungssystem und einen Luftkompressor.

Die Lichtbogenspritzpistole erzeugt einen stabilen Lichtbogen, indem sie den Kontakt zweier Molybdändrähte präzise steuert und das Ende des Drahtes schmilzt. Das Drahtvorschubsystem wird von zwei Motoren angetrieben, um sicherzustellen, dass die beiden Molybdändrähte mit der gleichen Geschwindigkeit in die Spritzpistole eingeführt werden, um die Stabilität des Lichtbogens zu erhalten. Das Stromversorgungssystem liefert Gleich- oder Wechselstrom und reguliert die Intensität und Dauer des Lichtbogens. Der Luftkompressor erzeugt einen Hochdruck-Luftstrom, der geschmolzene Molybdäntröpfchen zerstäubt und auf das Substrat sprüht, um eine gleichmäßige Beschichtung zu bilden.

Das Lichtbogenspritzgerät verfügt über eine hohe Abscheideleistung und eignet sich für das Sprühen großer Flächen, wie z. B. Brückenstahlkonstruktionen oder den Schutz von

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Schiffskomponenten. Die Beschichtungsqualität liegt zwischen Flammspritzen und Plasmaspritzen, die Kosten sind niedrig, wodurch sie für die industrielle Produktion geeignet sind. Moderne Lichtbogenspritzgeräte integrieren ein automatisiertes Steuerungssystem, um die Konsistenz und Produktivität des Sprühens zu verbessern.

6.3.4 Hochgeschwindigkeits-Autogensprühgeräte (HVOF)

Hochgeschwindigkeits-Autogensprühgeräte (HVOF) nutzen die Hochdruckverbrennung von Sauerstoff und Kraftstoff wie Kerosin oder Propan, um eine Überschallflamme zu erzeugen, die Molybdändraht schmilzt und mit extrem hohen Geschwindigkeiten auf die Oberfläche des Substrats sprüht. Zu dieser Ausrüstung gehören HVOF-Spritzpistolen, Kraftstoffversorgungssysteme, Sauerstoffversorgungssysteme und Kühlgeräte.

Die HVOF-Spritzpistole zündet das Gemisch aus Kraftstoff und Sauerstoff durch die Brennkammer und die Düsenkonstruktion und bildet einen Flammenstrom mit hoher Temperatur und hohem Druck. Der Molybdändraht wird in einen Flammenstrom eingespeist, um schnell zu schmelzen, und wird mit Überschallgeschwindigkeit auf das Substrat gesprüht, um eine dichte, porenarme Beschichtung zu bilden. Das Brennstoff- und Sauerstoffversorgungssystem optimiert den Verbrennungswirkungsgrad und die Flammengeschwindigkeit durch eine präzise Durchflussregelung. Das Kühlaggregat schützt die Lanze durch eine Wasserkühlung vor Beschädigungen bei hohen Temperaturen.

HVOF-Anlagen sind in der Lage, Molybdänbeschichtungen mit hoher Härte und hoher Haftung herzustellen, die sich für High-End-Anwendungen wie Flugzeugtriebwerke und Gasturbinen eignen. Die hohe Geschwindigkeit und die niedrigen Temperatureigenschaften reduzieren die Oxidation und die thermische Belastung der Beschichtung, aber die Komplexität und die Kosten der Ausrüstung sind hoch. Moderne HVOF-Geräte sind mit einem digitalen Steuerungssystem und einer Online-Überwachungsfunktion ausgestattet, die in der Lage ist, die Sprühparameter in Echtzeit anzupassen und die Beschichtungsqualität zu verbessern.

6.4 Hilfs- und Nachbehandlungsgeräte

Zusatz- und Nachbearbeitungsgeräte werden zur Unterstützung der Substratvorbereitung, der Beschichtungsveredelung und der Qualitätsprüfung im Sprühprozess eingesetzt, um die Leistung und Zuverlässigkeit des Endprodukts zu gewährleisten. In diesem Abschnitt werden Substratvorbehandlungsgeräte, Beschichtungsnachbearbeitungsgeräte sowie Inline-Inspektions- und Überwachungsgeräte behandelt.

6.4.1 Anlagen zur Vorbehandlung von Substraten

Substratvorbehandlungsanlagen werden eingesetzt, um die Substratoberfläche zu reinigen und zu optimieren und die Haftung der Beschichtung zu verbessern. Dazu gehören Sandstrahlmaschinen, chemische Reinigungstanks und Ultraschallreiniger.

Die Sandstrahlmaschine erhöht die Rauheit der Oberfläche des Substrats, indem sie Strahlmittel wie Aluminiumoxid oder Siliziumkarbid mit hoher Geschwindigkeit strahlt und dabei Oxide und alte

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Beschichtungen entfernt. Moderne Strahlanlagen sind mit automatisierten Strahlsystemen und Rückgewinnungsvorrichtungen ausgestattet, die den Strahlmittelfluss und den Sprühwinkel steuern können, wodurch die Behandlungseffizienz und die Umweltfreundlichkeit verbessert werden. Chemische Reinigungsbäder verwenden alkalische oder saure Lösungen, um Öl und organische Verunreinigungen zu entfernen, und sind mit einem zirkulierenden Filtersystem ausgestattet, um die Reinheit der Reinigungsflüssigkeit zu gewährleisten. Ultraschallreiniger verwenden hochfrequente Schallwellen, um winzige Blasen zu erzeugen, um mikrometergroße Partikel von der Oberfläche des Substrats zu entfernen, und eignen sich für Teile mit komplexen Geometrien.

Diese Maschinen benötigen Prozessparameter, die auf das Substratmaterial und die Form abgestimmt sind. Beispielsweise erfordern Substrate aus Aluminiumlegierungen schonende Strahl- und Reinigungsbedingungen, während Edelstahlsubstrate einer erhöhten Verarbeitungsfestigkeit standhalten können. Die Synergie der Vorbehandlungsanlagen bietet eine ideale Substratoberfläche für den Spritzprozess.

6.4.2 Beschichtung von Nachbehandlungsanlagen

Beschichtungsnachbehandlungsanlagen werden eingesetzt, um die Leistung von Beschichtungen zu optimieren, einschließlich Wärmebehandlungsöfen, Poliermaschinen und Dichtungsbehandlungsanlagen. Der Wärmebehandlungsofen wird durch Vakuum oder Schutzatmosphäre beheizt, um Eigenspannungen in der Beschichtung zu beseitigen und das Gefüge zu verbessern. Moderne Wärmebehandlungsöfen sind mit einem mehrstufigen Heiz- und Kühlsystem ausgestattet, das eine präzise Steuerung des Temperaturprofils ermöglicht, um Risse in der Beschichtung zu vermeiden.

Zu den Poliermaschinen gehören mechanische Polier- und elektrochemische Poliergeräte. Mechanische Poliermaschinen schleifen die Oberfläche der Beschichtung durch Schleifmittel, wodurch die Rauheit reduziert und das Finish verbessert wird. Die elektrochemische Poliereinheit glättet die beschichtete Oberfläche durch Elektrolyse und ist für hochpräzise Anwendungen geeignet. Dichtungsbehandlungsgeräte verbessern die Korrosionsbeständigkeit, indem organische/anorganische Dichtstoffe gesprüht oder imprägniert werden, um die Poren der Beschichtung zu füllen. Diese Geräte verbessern die Haltbarkeit und Funktionalität von Beschichtungen erheblich.

6.4.3 Geräte zur Online-Erkennung und -Überwachung

Inline-Inspektions- und Überwachungsgeräte, einschließlich Laserdickenmessgeräte, Wärmebildkameras und Ultraschalldetektoren, werden verwendet, um den Beschichtungsprozess und die Beschichtungsqualität in Echtzeit zu bewerten. Laser-Dickenmessgeräte prüfen die Schichtdicke und -gleichmäßigkeit durch berührungslose Messungen genau. Wärmebildkameras überwachen die Temperaturverteilung von Substraten und Beschichtungen, um eine Überhitzung oder ungleichmäßige Abkühlung zu verhindern. Ultraschalldetektoren werden eingesetzt, um Poren oder Risse in Beschichtungen zu erkennen und so die Qualität zu sichern.

Diese Geräte sind in Datenerfassungssysteme integriert, um Prozessparameter und Testergebnisse

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

in Echtzeit aufzuzeichnen und so Datenunterstützung für das Qualitätsmanagement und die Prozessoptimierung bereitzustellen. Moderne Inspektionsgeräte unterstützen auch die Fernüberwachung, sodass Bediener den Gerätestatus über eine Cloud-basierte Plattform analysieren können, um die Produktivität und Zuverlässigkeit zu verbessern.

6.5 Automatisierung und intelligente Anlagen

Automatisierung und intelligente Anlagen stellen die zukünftige Richtung der Molybdän-Spritzdraht-Produktionstechnologie dar, durch die Integration von Robotern, Sensoren und künstlicher Intelligenz, um eine effiziente und genaue Produktion zu erreichen. In diesem Abschnitt werden automatisierte Sprühlinien, intelligente Steuerungs- und Datenerfassungssysteme sowie Robotersprühsysteme behandelt.

6.5.1 Automatische Sprühproduktionslinie

Die automatisierte Sprühlinie integriert Sprühgeräte, Drahtzuführsysteme und Förderbänder, um eine kontinuierliche Produktion von der Substratvorbehandlung bis zur Nachbehandlung der Beschichtung zu erreichen. Die Produktionslinie ist mit einem automatischen Steuerungssystem ausgestattet, das die Arbeit jeder Anlage über eine SPS (speicherprogrammierbare Steuerung) koordiniert, um die Stabilität der Prozessparameter zu gewährleisten. Förderbänder, wie z. B. Förderbänder oder Roboterarme, bewegen das Substrat von der Vorbehandlungsstation zur Sprühstation und dann zur Nachbehandlungsstation, wodurch manuelle Eingriffe reduziert werden.

Der Vorteil einer automatisierten Sprühlinie ist ihre hohe Effizienz und Konsistenz. So ist beispielsweise eine Spritzanlage für Automobilteile in der Lage, kontinuierlich Tausende von Kolbenringen mit einer Abweichung von weniger als 1 % der Beschichtungsqualität zu bearbeiten. Die Produktionslinie ist außerdem mit einem Abfallrecyclingsystem ausgestattet, um den Spritzabfall von Molybdändraht zu reduzieren und die Anforderungen einer umweltfreundlichen Fertigung zu erfüllen.

6.5.2 Intelligente Steuerungs- und Datenerfassungssysteme

Das Intelligent Control and Data Acquisition System (SCADA) nutzt Sensoren und IoT-Technologie, um wichtige Parameter im Sprühprozess wie Temperatur, Druck und Drahtvorschubgeschwindigkeit in Echtzeit zu überwachen. Diese Systeme, kombiniert mit Algorithmen der künstlichen Intelligenz, sind in der Lage, Prozessabweichungen vorherzusagen und Parameter automatisch anzupassen. Beispielsweise können Modelle des maschinellen Lernens die Beschichtungsqualität verbessern, indem sie die Sprühabstände und Gasdurchflussraten auf der Grundlage historischer Daten optimieren.

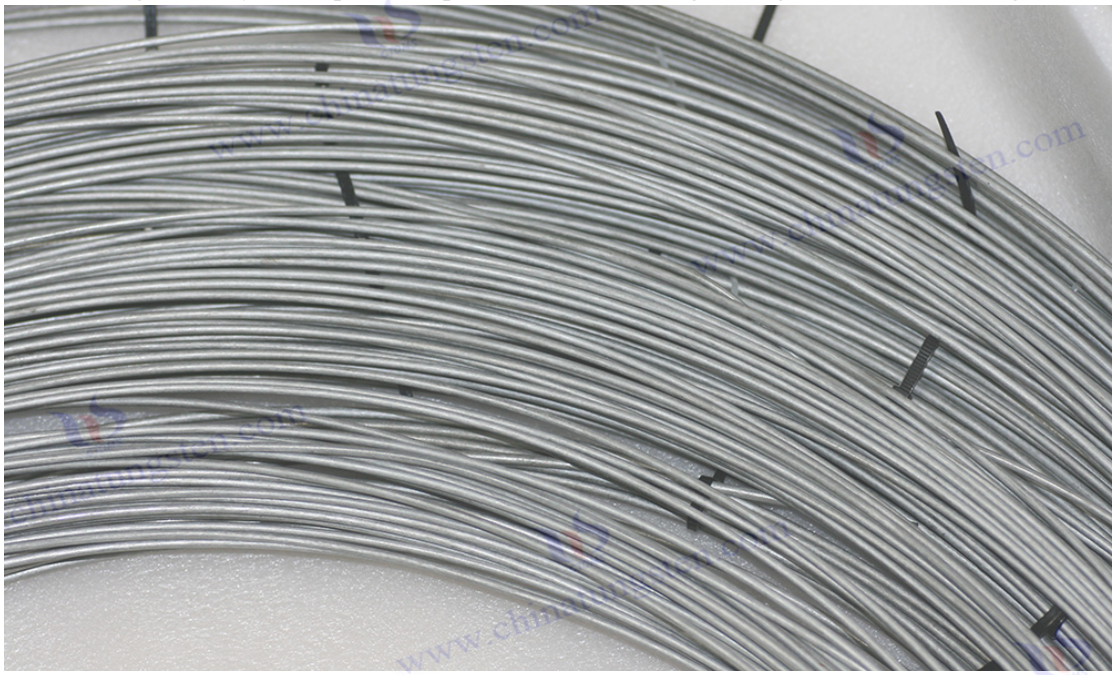
Das SCADA-System unterstützt auch die Datenvisualisierung und Fernverwaltung, so dass die Bediener den Produktionsstatus in Echtzeit über mobile Geräte anzeigen können. Die cloudbasierte Datenbank konsolidiert Betriebsdaten aus mehreren Produktionslinien, um die Prozessoptimierung und Anlagenwartung zu unterstützen. Das intelligente System verbessert die Produktionseffizienz und Produktqualität deutlich und treibt die digitale Transformation der Beschichtungstechnik voran.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

6.5.3 Roboter-Sprühsysteme

Die robotergestützte Beschichtungsanlage nutzt mehrachsige Industrieroboter, um eine präzise Beschichtung komplexer Substrate zu erreichen. Der Roboter ist mit einer visuellen Erkennungs- und Bahnplanungstechnologie ausgestattet, die sich an unterschiedliche Formen und Größen von Substraten anpassen und den Pistolenwinkel und den Bewegungspfad automatisch anpassen kann. Der Sprühroboter ist in ein Online-Inspektionssystem integriert, um Echtzeit-Feedback zur Beschichtungsqualität zu geben und die Beschichtungsparameter dynamisch zu optimieren.

Durch den Einsatz von Roboter-Sprühsystemen konnte die Produktionsflexibilität deutlich erhöht werden. In der Luft- und Raumfahrt sind Roboter beispielsweise in der Lage, eine gleichmäßige Molybdänbeschichtung für die gekrümmte Oberfläche von Turbinenschaufeln herzustellen; In der Automobilindustrie können Roboter schnell zwischen Sprühprogrammen für verschiedene Teile wechseln und so die Zykluszeiten verkürzen. Die breite Anwendung dieser Systeme hat die Entwicklung der Molybdän-Spritzdrahtproduktion in Richtung Intelligenz und Flexibilität gefördert.



CTIA GROUP LTD Molybdän-Sprühdraht

Kapitel 7 In- und ausländische Normen für Molybdän-Spritzdraht

Als Hochleistungswerkstoff muss Molybdän-Spritzdraht bei der Herstellung und Anwendung strenge Standards einhalten, um Produktqualität, Prozesskonsistenz und Anwendungssicherheit zu gewährleisten. Für Molybdändraht und thermische Spritzmaterialien im In- und Ausland wurde eine Reihe von Normen formuliert, die Rohstoffe, Verarbeitungstechnologie, Leistungstests und Anwendungsspezifikationen abdecken. In diesem Kapitel werden die nationalen Normen, internationalen Normen, Industrienormen und Unternehmensspezifikationen für Molybdän-Spritzdraht systematisch erörtert und eine eingehende Analyse der Unterschiede und der Anwendbarkeit dieser Normen durchgeführt, um Herstellern und Anwendern als Referenz zu dienen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

7.1 Inländische Normen für Molybdän-Spritzdraht

Als weltweit größter Produzent und Verbraucher von Molybdänressourcen hat China eine Reihe von nationalen Normen (GB/T) in Bezug auf Molybdändraht und thermische Spritzmaterialien formuliert, die Spezifikationen für die Herstellung, Prüfung und Anwendung von Molybdän-Spritzdraht enthalten. Diese Normen werden von der Normungsbehörde der Volksrepublik China herausgegeben und sind in der heimischen Molybdänverarbeitungs- und thermischen Spritzindustrie weit verbreitet. In diesem Abschnitt werden die nationalen Normen, die sich direkt auf Molybdän-Spritzdraht beziehen, ausführlich vorgestellt, einschließlich GB/T 4181-2017 "Molybdändraht", GB/T 3462-2017 "Molybdänstab und Molybdänrohling", GB/T 4197-2011 "Metalldraht zum Sprühen" und andere relevante Normen.

7.1.1 GB/T 4181-2017 "Molybdändraht" und verwandte Anforderungen

GB / T 4181-2017 "Molybdändraht" ist ein nationaler Standard für die Herstellung und Leistung von Molybdändraht in China, der für Molybdändraht für verschiedene Zwecke geeignet ist, einschließlich Molybdändraht zum Sprühen. Die Norm legt die chemische Zusammensetzung, die Maßtoleranz, die mechanischen Eigenschaften, die Oberflächengüte und die Prüfverfahren von Molybdändraht detailliert fest, was eine technische Grundlage für die Herstellung von Molybdän-Spritzdraht bildet.

Die Norm stellt extrem strenge Anforderungen an die chemische Zusammensetzung von Molybdändraht und schreibt vor, dass die Reinheit von Molybdän mehr als 99,95 % erreichen muss, und begrenzt den Gehalt an Verunreinigungen wie Eisen, Nickel, Kohlenstoff und Sauerstoff. Diese Anforderungen stellen sicher, dass der Molybdändraht während des Sprühprozesses ein stabiles Schmelzverhalten und hervorragende Beschichtungseigenschaften aufweist. Die Norm legt auch den Durchmesserbereich und die Toleranz von Molybdändraht fest, der in der Regel 0,02 mm bis 3,0 mm beträgt, und der Molybdändraht zum Sprühen wird meist im Bereich von 1,0 mm bis 2,0 mm konzentriert, um den Anforderungen verschiedener Sprühgeräte gerecht zu werden.

In Bezug auf die mechanischen Eigenschaften verlangt die Norm, dass Molybdändraht eine angemessene Zugfestigkeit und Duktilität aufweist, um sicherzustellen, dass er beim Drahtziehen und Drahtvorschub nicht leicht bricht. Die Oberflächenqualität ist ein weiteres wichtiges Kriterium, und Molybdänfilament zum Sprühen muss eine glatte, riss- und oxidfreie Oberfläche haben, um Tröpfchenspritzer während des Sprühvorgangs zu reduzieren. Zu den Prüfmethoden gehören die chemische Analyse (mittels Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma), die Dimensionsmessung (mit einem hochpräzisen Mikrometer oder Lasermessschieber) und die Oberflächeninspektion (mittels Mikroskopie oder visueller Prüfung).

GB/T 4181-2017 deckt die Bereiche Luft- und Raumfahrt, Automobilindustrie und Elektronik ab und bildet die Grundlage für die standardisierte Herstellung von Molybdän-Spritzdraht. Die Norm betont auch die Verpackungs- und Transportanforderungen und schreibt vor, dass Molybdändraht vakuumversiegelt oder inertgasgeschützt verpackt sein muss, um Feuchtigkeit oder Oxidation zu verhindern.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

7.1.2 GB/T 3462-2017

GB/T 3462-2017 "Molybdänstab und Molybdänknüppel" ist ein nationaler Standard für Rohstoffe in der Vorproduktionsphase von Molybdändraht, der auf Molybdänstangen und Molybdänknüppel anwendbar ist, die durch pulvermetallurgisches Verfahren hergestellt werden. Diese Materialien sind der Ausgangspunkt des Drahtziehprozesses, und ihre Qualität wirkt sich direkt auf die Leistung des Molybdän-Spritzdrahtes aus.

Diese Norm legt die chemische Zusammensetzung, Größe, Dichte und Oberflächenqualität von Molybdänstäben und Molybdänrohlingen fest. Die Anforderungen an die chemische Zusammensetzung entsprechen GB/T 4181-2017, und die Reinheit von Molybdän sollte 99,95 % erreichen, und der Verunreinigungsgehalt sollte begrenzt werden, um die Stabilität der nachfolgenden Verarbeitung zu gewährleisten. In Bezug auf die Größe deckt die Norm ein breites Spektrum an Molybdänstäben und -rohlingen ab, typischerweise mit Durchmessern von 5 mm bis 100 mm und Längen, die auf die Bedürfnisse der Benutzer zugeschnitten sind. Die Dichte ist ein wichtiger Indikator für Molybdänknüppel, der nahe an der theoretischen Dichte (10,2 g/cm³) liegen muss, um sicherzustellen, dass während des Drahtziehprozesses keine internen Fehler auftreten.

Die Oberflächenqualität erfordert, dass die Oberfläche von Molybdänstäben und Molybdänrohlingen frei von Rissen, Oxidzunder oder Einschlüssen ist, und die Oberflächenanforderungen müssen gedreht oder geschliffen werden, um die Anforderungen an die Oberfläche zu erfüllen. Zu den Prüfmethoden gehören die Ultraschall-Fehlererkennung (Prüfung auf interne Defekte), die chemische Analyse und die mikrostrukturelle Beobachtung (Beurteilung der Korngröße und Gleichmäßigkeit). Die Norm legt auch Prozessparameter für die Wärmebehandlung fest, wie z. B. Sinter- und Schmiedetemperaturen, um die Mikrostruktur des Molybdänknüppels zu optimieren.

Für die Herstellung von Molybdän-Spritzdraht bietet GB/T 3462-2017 Spezifikationen für hochwertige Rohstoffe, um sicherzustellen, dass Molybdänstäbe und Molybdänrohlinge den anspruchsvollen Anforderungen des Drahtziehens und Sprühens gerecht werden. Dieser Standard ist in häuslichen Molybdänverarbeitungsbetrieben wie Jinduicheng Molybdän und Luoyang Molybdän weit verbreitet.

7.1.3 GB/T 4197-2011

GB/T 4197-2011 "Metallischer Draht zum Sprühen" ist eine spezielle Norm für metallischen Draht zum thermischen Spritzen in China, die eine Vielzahl von metallischen Drahtmaterialien, einschließlich Molybdändraht, abdeckt. Diese Norm enthält spezifische Leitlinien für die Leistung, Spezifikation und Prüfung von Molybdän-Spritzdraht und ist besonders auf Flammspritz- und Lichtbogenspritzverfahren anwendbar.

Die Norm legt die chemische Zusammensetzung, die Maßtoleranzen, die Oberflächenbeschaffenheit und die Verpackungsanforderungen von Molybdändraht zum Sprühen fest. Die chemische Reinheit von Molybdändraht sollte den Anforderungen von GB/T 4181-2017 entsprechen, und die Oberfläche sollte glatt, ölfrei und oxidfrei sein, um die Gleichmäßigkeit der

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Schmelztröpfchen und die Qualität der Beschichtung während des Sprühprozesses zu gewährleisten. Die Anforderungen an die Maßtoleranz sind streng, und die Durchmesserabweichung des Molybdändrahts zum Sprühen muss auf ±0,02 mm begrenzt werden, um den Anforderungen des automatischen Drahtvorschubsystems gerecht zu werden.

In Bezug auf die Leistungsprüfung verlangt die Norm Zugprüfungen, Oberflächenrauheitsprüfungen und Sprühprüfungen von Molybdändrähten. Der Zugversuch bewertet die Zugfestigkeit und Duktilität des Drahtes, um sicherzustellen, dass er während des Drahtvorschubs nicht leicht bricht. Der Oberflächenrauheitstest wird mit einem Profilometer gemessen, um sicherzustellen, dass die Oberflächengüte des Drahtes den Sprühanforderungen entspricht. Der Sprühtest bewertet die Haftung, Porosität und Gleichmäßigkeit der Beschichtung durch tatsächliche Sprühvorgänge, wobei international anerkannte Prüfmethoden wie ASTM C633 als Referenz verwendet werden.

Die Formulierung von GB/T 4197-2011 schließt die Lücke in der Standardisierung von Metalldraht zum Sprühen in China und bietet technische Unterstützung für die Anwendung von Molybdän-Spritzdraht in den Bereichen Automobil, Energie und Schiffbau. Die Norm betont auch die Anforderungen des Umweltschutzes und schreibt vor, dass Abgas- und Abfallemissionen im Produktionsprozess reduziert werden müssen, um dem Trend der grünen Produktion gerecht zu werden.

7.1.4 Sonstige einschlägige nationale Normen

Zusätzlich zu den oben genannten Kernnormen hat China auch eine Reihe nationaler Normen in Bezug auf die Herstellung und Anwendung von Molybdän-Spritzdraht formuliert, die Rohstoffe, Verarbeitungstechnologie und Beschichtungseigenschaften abdecken. Zum Beispiel:

GB/T 15258-2009 "Allgemeine Grundsätze chemischer Analysemethoden": Enthält allgemeine Methoden für die Analyse der chemischen Zusammensetzung von Molybdändrähten und -beschichtungen, einschließlich der Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES) und der Atomabsorptionsspektrometrie (AAS), um eine genaue Detektion des Verunreinigungsgehalts zu gewährleisten.

GB/T 4325-2013 "Chemische Analyseverfahren für Molybdän und Molybdänlegierungen": Speziell für Molybdänwerkstoffe werden die Analysemethoden von Eisen, Nickel, Kohlenstoff, Sauerstoff und anderen Elementen spezifiziert, die eine technische Grundlage für die Detektion von Rohstoffen und Fertigprodukten von Molybdän-Spritzdraht bieten.

GB/T 17733-2008 "Qualitätsanforderungen an thermische Spritzbeschichtungen": Sie legt die Leistungsanforderungen an thermische Spritzbeschichtungen fest, einschließlich Haftung, Härte, Porosität und Korrosionsbeständigkeit, und ist für Beschichtungen geeignet, die mit Molybdänspritzdrähten hergestellt werden.

GB/T 14842-2007 "Prüfverfahren für die mechanischen Eigenschaften von Molybdän und

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Molybdänlegierungen": Es enthält Spezifikationen für die Prüfung der Zugfestigkeit, Duktilität und Härte von Molybdändraht, um sicherzustellen, dass er die Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften des Sprühprozesses erfüllt.

Zusammen bilden diese Normen ein vollständiges Spezifikationssystem für die Herstellung und Anwendung von Molybdän-Spritzdraht, das jede Verbindung vom Rohstoff bis zum fertigen Produkt abdeckt. Wenn inländische Unternehmen Molybdän-Spritzdraht herstellen, müssen sie in der Regel eine Reihe von Normen gleichzeitig erfüllen, um den Anforderungen verschiedener Branchen und Kunden gerecht zu werden.

7.2 Internationale Normen für Molybdän-Spritzdraht

Internationale Normen bieten einen einheitlichen Rahmen für den globalen Handel und den technischen Austausch von Molybdän-Spritzdraht, die hauptsächlich von der American Society for Testing and Materials (ASTM), der International Organization for Standardization (ISO) und anderen Institutionen formuliert werden. Diese Normen sind in Bezug auf die chemische Zusammensetzung, die Leistungsprüfung und die Anwendungsspezifikationen sehr maßgeblich und werden in der Molybdänverarbeitungs- und thermischen Spritzindustrie in Europa, Amerika und Asien häufig verwendet. Dieser Abschnitt konzentriert sich auf ASTM B387-18 Stäbe, Stangen und Drähte aus Molybdän und Molybdänlegierungen, die ISO 20407-Spezifikation für Materialien für thermisches Spritzen, den Draht für thermisches Spritzen nach ISO 14919 und andere relevante internationale Normen.

7.2.1 ASTM B387-18 Stäbe, Stangen und Drähte aus Molybdän und Molybdänlegierungen

ASTM B387-18 ist eine amerikanische Norm für Molybdän und Molybdänlegierungen, die für verschiedene Formen von Molybdänmaterialien wie Stäbe, Bänder und Drähte, einschließlich Molybdändraht zum Sprühen, geeignet ist. Dieser Standard wurde von ASTM International entwickelt und ist in der Luft- und Raumfahrt, Elektronik und Energie weit verbreitet.

Die Norm legt die chemische Zusammensetzung, die mechanischen Eigenschaften, die Maßtoleranzen und die Oberflächengüte von Molybdändraht fest. Die Reinheitsanforderungen von Molybdän werden in mehrere Sorten unterteilt, die höchste Sorte (Typ 361) erfordert einen Molybdängehalt von 99,97 % und der Gehalt an Verunreinigungen (wie Kohlenstoff, Sauerstoff, Eisen) ist streng begrenzt. Molybdändraht zum Sprühen wird in der Regel in einer hochreinen Qualität ausgewählt, um die chemische Stabilität und Leistung der Beschichtung zu gewährleisten. Die Maßtoleranz erfordert, dass die Durchmesserabweichung des Molybdändrahtes innerhalb von ±0,01 mm kontrolliert wird und die Oberfläche frei von Rissen, Oxiden oder anderen Defekten sein muss.

Zu den Prüfungen der mechanischen Eigenschaften gehören Zugfestigkeit, Dehnung und Härte, und die Norm enthält detaillierte Prüfverfahren wie Zugversuche (siehe ASTM E8) und Härteprüfungen (siehe ASTM E18). Die Oberflächengüte wird unter visueller und mikroskopischer Beobachtung überprüft, um sicherzustellen, dass die Filamente für die hohen Anforderungen des thermischen Spritzens geeignet sind. Die Norm legt auch die Verpackungs- und Kennzeichnungsanforderungen

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

für Molybdändraht fest, der feuchtigkeits- und oxidationsbeständig verpackt und mit der Chargennummer, Spezifikation und Herstellerinformationen gekennzeichnet werden muss.

ASTM B387-18 ist stark internationalisiert, und viele chinesische Unternehmen sind verpflichtet, diese Norm beim Export von spritzbeschichtetem Molybdändraht einzuhalten. Durch die hohen Präzisionsanforderungen der Norm eignet sie sich besonders für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt- und Halbleiterindustrie, wie z. B. Turbinenschaufelbeschichtungen und vakuumbeschichtete Heizdrähte.

7.2.2 ISO 20407 Spezifikation für thermisch gespritzte Materialien

ISO 20407 ist eine von der Internationalen Organisation für Normung entwickelte allgemeine Spezifikation für thermische Spritzmaterialien, die eine Vielzahl von Materialformen wie Draht, Pulver und Stab, einschließlich Molybdän-Spritzdraht, abdeckt. Diese Norm bietet einen Rahmen für die Leistung, Prüfung und Anwendung von thermischen Spritzmaterialien für Verfahren wie Flammspritzen, Plasmaspritzen und Lichtbogenspritzen.

Die Norm legt die Anforderungen an die chemische Zusammensetzung, Größe und Oberflächenbeschaffenheit des Molybdän-Sprühdrahtes fest. Die Reinheit von Molybdändraht muss mehr als 99,95 % erreichen, und die Oberfläche muss glatt, ölfrei und oxidfrei sein, um die Stabilität und Beschichtungsqualität während des Sprühprozesses zu gewährleisten. Die Anforderungen an die Maßtoleranz sind ähnlich wie bei ASTM B387-18, und die Durchmesserabweichung sollte innerhalb von ±0,02 mm kontrolliert werden. Die Norm legt auch die Verpackungs- und Lagerbedingungen für den Draht fest, der vakuumversiegelt oder mit Schutzgas gegen Umwelteinflüsse geschützt sein muss.

In Bezug auf die Leistungsprüfung bietet die ISO 20407 eine Reihe von Prüfmethoden, darunter die chemische Analyse (mittels Spektroskopie), die Prüfung der Oberflächenrauheit (in Anlehnung an ISO 4287) und die Prüfung der Sprühleistung. Der Sprühleistungstest bewertet die Haftung, Porosität und Mikrostruktur von Beschichtungen anhand international anerkannter Prüfnormen wie ASTM C633 (Haftfestigkeitstest) und ISO 6507 (Härtetest). Die Norm betont auch ein Qualitätsmanagementsystem, das von den Herstellern verlangt, rückverfolgbare Aufzeichnungen zu erstellen, um eine gleichbleibende Leistung von Charge zu Charge zu gewährleisten.

Die Vielseitigkeit der ISO 20407 macht sie für die globale thermische Spritzindustrie geeignet, insbesondere auf dem europäischen und asiatischen Markt. Die Norm bietet eine technische Grundlage für den internationalen Handel mit Molybdän-Spritzdraht und fördert die grenzüberschreitende Zusammenarbeit und den technischen Austausch.

7.2.3 ISO 14919 Draht für thermisches Spritzen

ISO 14919 ist eine Norm, die speziell für Draht zum thermischen Spritzen gilt und auf eine Vielzahl von Drahtmaterialien, einschließlich Molybdändraht, anwendbar ist. Diese Norm legt die Spezifikationen, Eigenschaften und Prüfverfahren für das Sprühen von Drähten im Detail fest und enthält Festlegungen für das Flammspritzen und das Lichtbogenspritzen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Die Norm verlangt, dass der Molybdän-Sprühdraht eine hohe Reinheit und eine gleichmäßige chemische Zusammensetzung aufweist, der Molybdängehalt 99,95 % erreichen muss und der Verunreinigungsgehalt streng kontrolliert werden muss. In Bezug auf die Abmessungen legt die Norm einen gemeinsamen Durchmesserbereich (1,0 mm bis 3,2 mm) mit Toleranzen nach ISO 286 fest. Die Oberflächenqualität setzt voraus, dass der Draht keine Risse, keine Oxide, keine Schmiermittelrückstände aufweist und chemisch gereinigt oder poliert werden muss, um den Finish-Standard zu erreichen.

Zu den Prüfverfahren gehören Zugversuche (zur Bewertung der Zugfestigkeit und Duktilität), Oberflächenqualitätsprüfungen (mit Mikroskopen oder Profilern) und Sprühtests (zur Bewertung der Beschichtungseigenschaften). Die Norm enthält auch Verpackungs- und Versandspezifikationen, die eine feuchtigkeits- und oxidationsbeständige Verpackung des Drahtes mit detaillierten Identifikationsinformationen wie Materialtyp, Chargennummer und Herstellungsdatum erfordern.

Die Spezifität der ISO 14919 macht sie zu einer wichtigen Referenznorm für die thermische Spritzindustrie, insbesondere für Beschichtungsanwendungen in den Bereichen Automobil, Schifffahrt und Energie. Die Norm ergänzt die ISO 20407 und bildet zusammen ein vollständiges System von Materialspezifikationen für thermisches Spritzen.

7.2.4 Sonstige internationale Normen

Zusätzlich zu den oben genannten Kernnormen gibt es eine Reihe von internationalen Normen, die sich auf die Beschichtung von Molybdändraht beziehen und Materialien, Prozesse und Beschichtungseigenschaften abdecken. Zum Beispiel:

ASTM E8/E8M-21 "Zugprüfverfahren für metallische Werkstoffe": Bietet ein allgemeines Verfahren zur Prüfung der Zugfestigkeit und Dehnung von Molybdändraht, das für die Prüfung der mechanischen Eigenschaften von ASTM B387-18 geeignet ist.

ASTM C633-13 Prüfverfahren für die Haftung von thermischen Spritzbeschichtungen: Gibt ein Haftfestigkeitsprüfverfahren für thermische Spritzbeschichtungen an, das häufig zur Bewertung der Qualität von Beschichtungen verwendet wird, die mit Molybdän-Spritzdraht hergestellt werden.

ISO 4287 Parameter der Oberflächentextur: Bietet eine Spezifikation für die Messung der Oberflächenrauheit von Molybdändrähten und -beschichtungen, um sicherzustellen, dass die Oberflächenqualität von Drähten und Beschichtungen den Anforderungen der Beschichtung entspricht.

ISO 6507 Vickers-Härteprüfung für metallische Werkstoffe: Bietet ein Verfahren zur Härteprüfung von Molybdänbeschichtungen und eignet sich zur Bewertung der Verschleißfestigkeit und der mechanischen Eigenschaften von Beschichtungen.

Diese Normen bieten eine umfassende technische Unterstützung für die Herstellung und Anwendung von Molybdän-Spritzdraht, was insbesondere auf dem internationalen Markt von

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

großer Bedeutung ist. Viele multinationale Unternehmen müssen bei der Herstellung von Molybdän-Spritzdraht mehrere internationale Standards einhalten, um den Anforderungen verschiedener Länder und Branchen gerecht zu werden.

7.3 Industriestandards und Unternehmensspezifikationen für Molybdän-Sprühdraht

Neben nationalen und internationalen Standards muss die Produktion und Anwendung von Molybdän-Spritzdraht auch Industriestandards und unternehmensinternen Vorgaben erfüllen. Diese Spezifikationen werden häufig von Branchenverbänden oder führenden Unternehmen entwickelt, um eine detailliertere Anleitung für bestimmte Anwendungsszenarien oder technische Anforderungen zu geben. In diesem Abschnitt werden Industriestandards für Nichteisenmetalle, Industriestandards für thermisches Spritzen und interne Qualitätskontrollpraktiken untersucht.

7.3.1 Normen der Nichteisenmetallindustrie

Die China Nonferrous Metals Industry Association (CNIA) hat eine Reihe von Industriestandards für Molybdänmaterialien formuliert, die die Mängel der nationalen Standards ergänzen. Diese Normen werden vom Institut für Nichteisenmetalltechnologie und -wirtschaft und anderen Institutionen erarbeitet und sind in inländischen Molybdän verarbeitenden Betrieben weit verbreitet.

YS/T 357-2014 "Hochreines Molybdän und Molybdänlegierungen": Es legt die chemische Zusammensetzung, die Eigenschaften und die Prüfverfahren von hochreinem Molybdändraht, Molybdänstab und anderen Molybdänlegierungsmaterialien fest, die für Rohstoffe und Halbzeuge von Molybdänspritzdraht geeignet sind. Diese Norm verlangt einen Reinheitsgrad von 99,99 % Molybdän und eignet sich daher besonders für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt sowie in der Halbleiterindustrie.

YS/T 616-2012 "Prüfverfahren für verarbeitete Produkte aus Molybdän und Molybdänlegierungen": Es bietet detaillierte Prüfmethoden für die Größe, Oberflächenqualität und mechanischen Eigenschaften von Molybdändrähten und Molybdänstäben, einschließlich Ultraschallfehlererkennung, Mikrostrukturanalyse und Härteprüfung.

YS/T 358-2011 "Molybdänpulver": Sie legt die Partikelgrößenverteilung, die chemische Zusammensetzung und die physikalischen Eigenschaften von Molybdänpulver fest und legt Spezifikationen für die Herstellung von Rohstoffen für Molybdän-Spritzdraht fest.

Diese Industrienormen enthalten spezifischere technische Anforderungen für die Herstellung und Verarbeitung von Molybdänwerkstoffen und ergänzen die GB/T-Normen. Die Standards werden von führenden inländischen Unternehmen (wie Jinduicheng Molybdänum und Luoyang Molybdän) formuliert und spiegeln die tatsächlichen Bedürfnisse und das technische Niveau der Branche wider.

7.3.2 Industrienormen für thermisches Spritzen

Der Thermal Spray Industry Standard wurde von der China National Thermal Spray Group (CNTSG) und anderen internationalen Organisationen wie der American Thermal Spray Society (ASM TSS) entwickelt und bietet eine Anleitung zum Beschichtungsprozess, zum Material und zur

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Beschichtungsleistung.

JB/T 7702-2012 "Technical Specification for Thermal Spraying": Eine von der China Machinery Industry Federation herausgegebene Norm, die die allgemeinen Anforderungen an den thermischen Spritzprozess festlegt, einschließlich der Herstellung von Molybdän-Spritzdraht, der Sprühparameter und der Beschichtungsprüfung. Diese Norm gilt für Flammspritz-, Lichtbogenspritz- und Plasmaspritzverfahren.

AWS C2.25/C2.25M: 2012 Specification for Thermal Spray Materials: Ein von der American Welding Society (AWS) entwickelter Standard, der Draht und Pulver zum Sprühen abdeckt, einschließlich Molybdändraht. Diese Norm enthält detaillierte Spezifikationen für die Leistung und Prüfung von Sprühmaterialien und ist auf den nordamerikanischen Markt anwendbar.

EN 15311 Qualitätsanforderungen für das thermische Spritzen: Eine europäische Norm, die Qualitätskontrollmethoden für thermische Spritzbeschichtungen, einschließlich Haftungs-, Porositäts- und Oberflächenrauheitsprüfung, für Beschichtungen festlegt, die mit Molybdänspritzdraht hergestellt wurden.

Diese Industrienormen bieten eine detailliertere technische Anleitung als nationale Normen für die spezifischen Anforderungen thermischer Spritzprozesse. Die Normen werden von Branchenexperten und Unternehmen entwickelt und spiegeln die neuesten Trends in der thermischen Spritztechnik wider.

7.3.3 Interne Vorgaben für die Qualitätskontrolle

Viele führende Unternehmen für die Verarbeitung von Molybdän und das thermische Spritzen haben interne Qualitätskontrollspezifikationen entwickelt, um den Anforderungen bestimmter Kunden oder Anwendungen gerecht zu werden. Diese Spezifikationen basieren oft auf nationalen und branchenspezifischen Normen, fügen aber auch strengere Anforderungen oder kundenspezifische Prüfmethoden hinzu.

Die Stärke einer Unternehmensspezifikation liegt in ihrer Flexibilität und Relevanz sowie in der Fähigkeit, schnell auf Marktveränderungen und Kundenbedürfnisse zu reagieren. Diese Spezifikationen werden oft mit ISO 9001 (Qualitätsmanagementsystem) und ISO 14001 (Umweltmanagementsystem) kombiniert, um die Einhaltung und Nachhaltigkeit im Produktionsprozess zu gewährleisten.

7.4 Standardvergleich und Anwendbarkeitsanalyse von Molybdän-Sprühdraht

In- und ausländische Normen und Branchenspezifikationen bieten mehrstufige Leitlinien für die Herstellung und Anwendung von Molybdän-Spritzdraht, aber es gibt Unterschiede in deren Inhalt und Anforderungen. Das Verständnis dieser Unterschiede und die Wahl des richtigen Standards ist unerlässlich, um Produktionsprozesse zu optimieren und die Marktanforderungen zu erfüllen. In diesem Abschnitt werden die Unterschiede zwischen in- und ausländischen Normen analysiert und deren Anwendungsszenarien und Auswahlgrundlagen diskutiert.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

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/cm³
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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

7.4.1 Unterschiede zwischen in- und ausländischen Normen

Es gibt folgende Hauptunterschiede zwischen in- und ausländischen Normen in Bezug auf die chemische Zusammensetzung, die Leistungsanforderungen, die Prüfverfahren und den Anwendungsbereich:

Chemische Zusammensetzung: Inländische Standards (z. B. GB/T 4181-2017) verlangen eine Reinheit von Molybdändraht von 99,95 %, während internationale Standards (z. B. ASTM B387-18) mehrere Reinheitsgrade von bis zu 99,97 % bieten. Internationale Normen haben strengere Grenzwerte für bestimmte Verunreinigungen (z. B. Sauerstoff, Stickstoff) und eignen sich für hochpräzise Anwendungen.

Maßtoleranzen: Internationale Normen (z. B. ISO 14919) verlangen strengere Maßtoleranzen, und Durchmesserabweichungen müssen innerhalb von ±0,01 mm kontrolliert werden, während nationale Normen (z. B. GB/T 4197-2011) Abweichungen von ±,02 mm zulassen. Dies spiegelt die Nachfrage nach hochpräzisem Draht auf dem internationalen Markt wider.

Prüfmethoden: Inländische Normen bevorzugen die Verwendung traditioneller Spektralanalysen und mechanischer Prüfmethoden, während internationale Normen (wie ASTM C633) fortschrittlichere Nachweistechniken wie REM-Analyse und Ultraschallfehlererkennung mit höherer Nachweisgenauigkeit einführen.

Anwendungsbereich: Nationale Normen (wie GB/T 4197-2011) konzentrieren sich eher auf allgemeine Anwendungen in den Bereichen Automobil und Energie, während internationale Normen (wie ISO 20407) High-End-Bereiche wie Luft- und Raumfahrt und Halbleiter abdecken und die besonderen Eigenschaften von Beschichtungen betonen.

Umweltanforderungen: Nationale Normen haben in den letzten Jahren Umweltschutzbestimmungen hinzugefügt (z. B. GB/T 4197-2011 verlangt die Reduzierung von Abgasemissionen), während internationale Normen (z. B. ISO 20407) umweltfreundliche Fertigungskonzepte früher aufgenommen und die Nachhaltigkeit des Produktionsprozesses betont haben.

Diese Unterschiede spiegeln die unterschiedlichen Bedürfnisse und technischen Niveaus der in- und ausländischen Märkte wider. Inländische Normen achten stärker auf Praktikabilität und Wirtschaftlichkeit und eignen sich für großindustrielle Anwendungen; Internationale Standards legen mehr Wert auf hohe Präzision und hohe Leistung, die für den High-End-Markt geeignet sind.

7.4.2 Standard-Anwendungsszenarien und Auswahl

Die Auswahl geeigneter Molybdän-Sprühdrahtnormen sollte entsprechend dem Anwendungsszenario, den Kundenanforderungen und der Marktpositionierung umfassend betrachtet werden. Im Folgenden sind die empfohlenen Kriterien für die wichtigsten Anwendungsszenarien aufgeführt:

Luft- und Raumfahrt: ASTM B387-18 und ISO 20407 werden aufgrund ihrer strengen

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Anforderungen an hohe Reinheit und Beschichtungseigenschaften für Hochleistungsanwendungen wie Turbinenschaufeln und Wärmedämmschichten empfohlen. Dies kann auch durch unternehmensinterne Vorgaben, wie z.B. die Standards von Plansee, ergänzt werden.

Automobilindustrie: GB / T 4197-2011 und ISO 14919 sind ideal für allgemeine Beschichtungsanwendungen wie Kolbenringe, Abgassysteme usw. Diese Standards sind kostengünstig, verfügen über einfache Nachweismethoden und eignen sich für die Großserienproduktion.

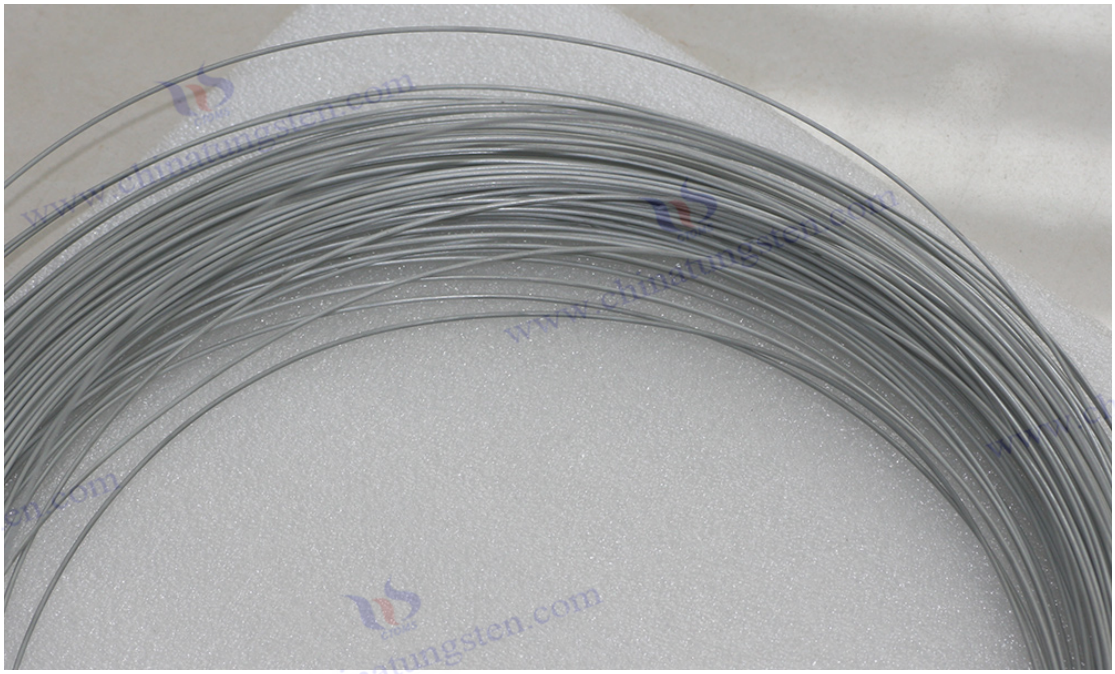
Chemie- und Energieindustrie: GB/T 17733-2008 und AWS C2.25 werden für korrosionsbeständige Rohr- und Wärmetauscherbeschichtungen empfohlen. Diese Normen legen die Korrosionsbeständigkeit und Haltbarkeit von Beschichtungen detailliert fest.

Elektronik- und Halbleiterindustrie: ASTM B387-18 und YS/T 357-2014 eignen sich für die Herstellung von hochreinen Molybdändrähten, um die anspruchsvollen Anforderungen von Vakuumbeschichtungen und Halbleiterleitungen zu erfüllen.

Exportmärkte: Es ist erforderlich, internationale Standards (z. B. ISO 14919, ASTM B387-18) und Industrienormen in den Zielmärkten (z. B. EN 15311) zu erfüllen, um die Kundenanforderungen und die Einhaltung von Handelsbestimmungen zu erfüllen.

In der Praxis müssen Unternehmen oft mehrere Normen gleichzeitig einhalten. Beispielsweise müssen Unternehmen, die spritzbeschichteten Molybdändraht für die Luft- und Raumfahrt exportieren, möglicherweise GB/T 4181-2017 (inländische Produktion), ASTM B387-18 (internationaler Markt) und interne Spezifikationen (kundenspezifische Anforderungen) einhalten. Durch die Etablierung eines standardisierten Qualitätsmanagementsystems können Unternehmen flexibel auf die Anforderungen unterschiedlicher Normen reagieren und die Wettbewerbsfähigkeit am Markt verbessern.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved



CTIA GROUP LTD Molybdän-Sprühdraht

Kapitel 8 Prüfung und Qualitätskontrolle von Molybdän-Spritzdraht

Die Herstellung und Anwendung von Molybdän-Spritzdraht stellt extrem hohe Qualitätsanforderungen, und seine Leistung wirkt sich direkt auf die Haltbarkeit, Haftung und Lebensdauer der Beschichtung aus. Prüfung und Qualitätskontrolle sind ein wichtiger Bestandteil, um sicherzustellen, dass Molybdän-Spritzdraht und seine Beschichtung den Industriestandards und Kundenbedürfnissen entsprechen und jede Produktionsstufe abdecken, von den Rohstoffen bis hin zu den fertigen Produkten. In diesem Kapitel werden die Rohstoffprüfung, die Qualitätsprüfung von Molybdändraht, die Prüfung von Sprühbeschichtungen, die Prüftechnologie und -ausrüstung sowie das Qualitätsmanagementsystem von Molybdän-Sprühdraht systematisch erörtert und aufgezeigt, wie durch wissenschaftliche Prüfmethoden und strenge Managementprozesse eine qualitativ hochwertige Produktion erreicht werden kann.

8.1 Prüfung von Rohstoffen

Die Qualität der Rohstoffe ist die Grundlage für die Herstellung von Molybdän-Spritzdraht, insbesondere die chemische Zusammensetzung, die Partikelgröße und der Verunreinigungsgehalt von hochreinem Molybdänpulver, was sich direkt auf die spätere Verarbeitungs- und Beschichtungsleistung auswirkt. Die Rohstoffprüfung erfordert hochpräzise Analysemethoden, um sicherzustellen, dass Molybdänpulver strenge Standards erfüllt. In diesem Abschnitt werden die Analyse der chemischen Zusammensetzung, die Prüfung der Partikelgröße und -morphologie sowie die Prüfung des Verunreinigungsgehalts von Molybdänpulver im Detail vorgestellt.

8.1.1 Analyse der chemischen Zusammensetzung von Molybdänpulver

Die chemische Zusammensetzung von Molybdänpulver ist der wichtigste Indikator für seine Qualität, der die Leistung von Molybdändraht und -beschichtung direkt bestimmt. Molybdänpulver

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

zum Sprühen erfordert in der Regel einen Molybdängehalt von mehr als 99,95 %, und der Gehalt an Verunreinigungen wie Eisen, Nickel, Kohlenstoff und Sauerstoff muss streng kontrolliert werden, um unerwünschte Reaktionen zu vermeiden oder die Qualität der Beschichtung während des Hochtemperatursprühprozesses zu verringern.

Für die Analyse der chemischen Zusammensetzung wurden die optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES) und die Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) eingesetzt. ICP-OES eignet sich für die Detektion von Metallverunreinigungen wie Eisen, Nickel und Silizium durch Anregung von Molybdänpulverproben, um charakteristische Spektren zu erzeugen und die Arten und Gehalte von Elementen zu analysieren, und hat die Vorteile einer hohen Empfindlichkeit und gleichzeitigen Analyse mehrerer Elemente. AAS bestimmt den Gehalt eines einzelnen Elements genau, indem es Licht bei einer bestimmten Wellenlänge von Atomen absorbiert, und wird häufig zum Nachweis von Spuren von Kohlenstoff oder Schwefel in Molybdänpulver verwendet. Der Gehalt an Sauerstoff und Stickstoff wird in der Regel durch Inertgasschmelzen bestimmt, wobei der Gehalt an nichtmetallischen Verunreinigungen durch Erhitzen der Probe und Analyse des freigesetzten Gases genau bestimmt wird.

Der Analyseprozess muss in einer sauberen Umgebung durchgeführt werden, um eine Kontamination von außen zu vermeiden. Bei der Probenvorbereitung wird eine saure Auflösung oder ein Schmelzen durchgeführt, wodurch sichergestellt wird, dass das Molybdänpulver vollständig in eine nachweisbare Lösung zerlegt wird. Die Testergebnisse sollten mit Normen (z. B. GB/T 4325-2013 "Chemical Analysis Methods for Molybdenum and Molybdenum Alloys") verglichen werden, um sicherzustellen, dass die Reinheitsanforderungen von Molybdänpulver zum Sprühen erfüllt werden. Die Analyse der chemischen Zusammensetzung wird nicht nur für die Rohstoffannahme eingesetzt, sondern auch für die Chargenprüfung während des gesamten Produktionsprozesses, um eine gleichbleibende Qualität zu gewährleisten.

8.1.2 Nachweis der Partikelgröße und -morphologie von Molybdänpulver

Die Partikelgröße und Morphologie von Molybdänpulver beeinflussen sein Verhalten beim Pressen, Sintern und Ziehen, was ein wichtiger Kontrollpunkt für die Herstellung von Molybdän-Sprühdraht ist. Das ideale Molybdänpulver sollte eine gleichmäßige Partikelgrößenverteilung und eine regelmäßige Partikelmorphologie aufweisen, um die Dichte des Rohlings und die Gleichmäßigkeit des Drahtes zu gewährleisten.

Bei der Partikelgrößenerfassung wird hauptsächlich ein Laser-Partikelgrößenanalysator verwendet, um die Größe und Verteilung von Partikeln durch Laserstrahlstreuung zu messen. Das Gerät ermöglicht eine schnelle Analyse des Partikelgrößenbereichs von Molybdänpulvern (typischerweise 1-50 μm), um detaillierte Partikelgrößenverteilungskurven zu erstellen. Die Testergebnisse müssen der Norm (z. B. YS/T 358-2011 "Molybdänpulver") entsprechen, um sicherzustellen, dass die Partikelgrößenverteilung konzentriert ist und keine übergroßen oder feinen Partikel vorhanden sind. Zu große Partikel können Sinterfehler verursachen, während zu feine Partikel die Fließfähigkeit verringern und die Presseffizienz beeinträchtigen können.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Bei der Topographiedetektion wird die Rasterelektronenmikroskopie (REM) verwendet, um die Partikelmorphologie und die Oberflächeneigenschaften von Molybdänpulver zu beobachten. REM liefert hochauflösende mikroskopische Bilder, die zeigen, ob Partikel kugelförmig sind, agglomerieren oder Oberflächendefekte aufweisen. Sphärische Partikel haben eine gute Fließfähigkeit und Schüttdichte, die für pulvermetallurgische Prozesse geeignet ist. Unregelmäßige Partikel können die Schwierigkeit des Pressens erhöhen und die Qualität des Rohlings beeinträchtigen. Die REM-Detektion wird oft mit Energiespektroskopie (EDS) kombiniert, um die Elementverteilung auf der Oberfläche von Partikeln zu analysieren und auf das Vorhandensein von Oxid- oder Verunreinigungsverunreinigungen zu prüfen.
Partikelgrößen- und Morphologietests werden regelmäßig durchgeführt, wobei die Lagerung und die Vorproduktionskontrolle jeder Charge von Molybdänpulver abgedeckt sind. Die Versuchsdaten bilden die Grundlage für Prozessoptimierungen, wie z. B. die Anpassung von Mahl- oder Reduktionsparametern, um die gewünschten Molybdänpulvereigenschaften zu erhalten.

8.1.3 Erkennung von Verunreinigungsinhalten

Die Menge an Verunreinigungen ist ein wichtiger Indikator für die Qualität von Molybdänpulver, und Spuren von Verunreinigungen können während des Sprühvorgangs Beschichtungsfehler wie Porosität oder Risse verursachen. Die Verunreinigungsprüfung konzentriert sich nicht nur auf metallische Elemente (z. B. Eisen, Nickel), sondern auch auf nichtmetallische Elemente (z. B. Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff, Schwefel) und andere Spurenverunreinigungen.

Bei der Erfassung des Sauerstoffgehalts wird die Inertgasschmelzmethode verwendet, um den Sauerstoffgehalt durch Infrarotabsorption oder die Wärmeleitfähigkeit zum Nachweis des freigesetzten Sauerstoffs genau zu bestimmen. Sauerstoff ist die häufigste Verunreinigung in Molybdänpulver, und ein zu hoher Sauerstoffgehalt kann dazu führen, dass Molybdändraht bei hohen Temperaturen oxidiert, was die Beschichtungsleistung verringert. Stickstoff und Kohlenstoff werden in ähnlicher Weise nachgewiesen, indem eine Probe verbrannt und das resultierende Gas analysiert wird, das durch Gaschromatographie oder Infrarotspektroskopie bestimmt wird. Der Schwefelgehalt wird in der Regel durch chemische Analyse oder Spektroskopie gemessen, um sicherzustellen, dass er unter den Standardgrenzwerten liegt.

Die Detektion von Metallverunreinigungen beruht in erster Linie auf der ICP-OES oder der Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA). RFA ist eine zerstörungsfreie Nachweismethode, die die elementare Zusammensetzung anhand charakteristischer Röntgenstrahlen analysiert, die von einer Probe emittiert werden, und eignet sich daher für ein schnelles Screening von Verunreinigungen wie Eisen, Nickel, Kupfer usw. ICP-OES bietet eine höhere Präzision und eignet sich für die präzise Analyse von Spurenverunreinigungen. Der Prüfprozess erfordert die Kalibrierung von hochreinen Standards, um die Genauigkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

Die Prüfung von Verunreinigungen erfordert einen strengen Probenahme- und Analyseprozess, bei dem jede Charge Molybdänpulver an mehreren Stellen beprobt wird, um die Repräsentativität zu gewährleisten. Die Testergebnisse werden mit Standards (z. B. ASTM B387-18 oder GB/T 4325-2013) verglichen, und nicht konforme Chargen müssen erneut gereinigt oder verworfen werden, um

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

die Qualität des Rohmaterials sicherzustellen.

8.2 Qualitätsprüfung von Molybdändraht

Molybdändraht ist das Kernmaterial des Spritzprozesses, und seine Maßhaltigkeit, Oberflächengüte und mechanischen Eigenschaften wirken sich direkt auf die Stabilität des Spritzprozesses und die Qualität der Beschichtung aus. Die Qualitätsprüfung von Molybdändraht muss jedes Glied der Produktion und Lieferung abdecken, um sicherzustellen, dass der Draht den Normanforderungen entspricht. In diesem Abschnitt werden Maßgenauigkeits- und Toleranzmessungen, die Prüfung von Oberflächenfehlern und Rauheiten sowie die Prüfung mechanischer Eigenschaften behandelt.

8.2.1 Maßgenauigkeit und Toleranzmessung

Die Maßgenauigkeit von Molybdändraht ist ein wichtiger Indikator für seine Qualität, insbesondere die Gleichmäßigkeit und Toleranz des Durchmessers, die sich direkt auf die Stabilität des Drahtvorschubsystems und die Bildung von geschmolzenen Tröpfchen auswirkt. Der Durchmesser von Molybdändraht zum Sprühen beträgt in der Regel 1,0 mm bis 3,0 mm, und die Toleranz muss gemäß Normen (wie GB/T 4181-2017 oder ISO 14919) innerhalb von ±0,02 mm kontrolliert werden.

Bei der dimensionalen Messung werden hauptsächlich Lasermessschieber und hochpräzise Mikrometer verwendet. Der Messschieber misst den Durchmesser des Molybdändrahtes in Echtzeit durch berührungsloses Laserscanning, liefert hochpräzise kontinuierliche Daten und ist für die Inline-Inspektion geeignet. Das Gerät ist in der Lage, kleine Schwankungen im Durchmesser zu erkennen und Fehler zu identifizieren, die während des Ziehvorgangs auftreten können. Mikrometer werden für Offline-Inspektionen verwendet, bei denen mehrere Querschnitte manuell gemessen werden, um einheitliche Durchmesser zu gewährleisten. Der Messvorgang muss in einer Umgebung mit konstanter Temperatur durchgeführt werden, um Fehler durch Temperaturänderungen zu vermeiden.

Die Toleranzprüfung muss die gesamte Rolle Molybdändraht abdecken, mehrere Abschnitte für die Messung nach dem Zufallsprinzip auswählen und die maximalen und minimalen Durchmesserwerte aufzeichnen. Die Prüfergebnisse werden mit der Norm verglichen, um sicherzustellen, dass der Draht die Genauigkeitsanforderungen der Sprühgeräte erfüllt. Molybdändraht, der nicht die richtige Größe hat, kann zu einem instabilen Drahtvorschub oder einer ungleichmäßigen Schichtdicke führen, die nachbearbeitet oder verschrottet werden muss.

8.2.2 Erkennung von Oberflächenfehlern und Rauheit

Die Oberflächenqualität des Molybdändrahtes ist entscheidend für die Sprühwirkung, und Risse, Oxide oder Schmiermittelrückstände können zu Spritztröpfchen oder Beschichtungsfehlern führen. Die Erkennung von Oberflächenfehlern und Rauheit steht im Mittelpunkt der Qualitätskontrolle von Molybdändraht, um sicherzustellen, dass der Draht eine glatte, makellose Oberfläche hat.

Bei der Inspektion von Oberflächenfehlern wird eine visuelle Inspektion und eine mikroskopische Betrachtung durchgeführt. Die Sichtprüfung wird verwendet, um schnell nach sichtbaren Rissen, Kratzern oder Oxidablagerungen zu suchen, und wird in der Regel bei hellem Licht durchgeführt.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Die mikroskopische Betrachtung liefert Bilder mit höherer Auflösung und ist in der Lage, Oberflächenfehler wie Fadenmarkierungen oder Mikrorisse im Mikrometerbereich zu erkennen. Moderne Inspektionsgeräte integrieren auch ein digitales Bildgebungssystem, das den Ort von Fehlern automatisch identifizieren und aufzeichnen kann, um die Inspektionseffizienz zu verbessern.

Die Inspektion der Oberflächenrauheit erfolgt mit einem Profilometer oder einem Rasterkraftmikroskop (AFM). Das Profilometer misst das Oberflächenprofil mit einem Kontakttaster und generiert Rauheitsparameter (z. B. Ra, Rz), um sicherzustellen, dass die Oberflächenrauheit des Molybdändrahtes den Normen (z. B. ISO 4287) entspricht. Das AFM bietet eine Auflösung im Nanometerbereich für hochpräzise Anwendungen zur Inspektion der mikroskopischen Textur der Filamentoberfläche. Die Rauheit von Molybdändraht zum Sprühen muss in der Regel weniger als 0,2 μm Ra betragen, um Reibung und Spritzer während des Sprühvorgangs zu reduzieren.

Die Oberflächeninspektion muss eine Stichprobe jeder Charge Molybdändraht umfassen, kombiniert mit einem Online-Überwachungssystem, um die Qualität des Zieh- und Polierprozesses in Echtzeit zu überprüfen. Stark defekte Drähte müssen erneut gereinigt oder poliert werden, um sicherzustellen, dass sie den Beschichtungsanforderungen entsprechen.

8.2.3 Prüfung der mechanischen Eigenschaften (Zugfestigkeit, Härte usw.)

Die mechanischen Eigenschaften von Molybdändraht, einschließlich Zugfestigkeit, Duktilität und Härte, sind entscheidend für seine Stabilität beim Ziehen und Sprühen. Die Prüfung der mechanischen Eigenschaften stellt sicher, dass der Draht den Belastungen der Verarbeitung und der Drahtzuführung standhält, um den Anforderungen der Anwendung gerecht zu werden.

Zugfestigkeit und Duktilität werden mit universellen Zugprüfmaschinen nach Normen wie ASTM E8 oder GB/T 14842-2007 geprüft. Während des Tests wird die Molybdändrahtprobe langsam gedehnt, um ihre maximale Zugkraft und Dehnung aufzuzeichnen, bevor sie bricht. Die Zugfestigkeit spiegelt die Tragfähigkeit des Drahtes wider, während die Duktilität sein plastisches Verformungsvermögen widerspiegelt. Molybdändraht zum Sprühen erfordert in der Regel eine moderate Zugfestigkeit, um einen Bruch während des Drahtvorschubs zu vermeiden, und hat gleichzeitig eine gewisse Duktilität, um sich an den Zieh- und Glühprozess anzupassen.

Die Härteprüfung wird mit einem Vickers- oder Rockwell-Härteprüfer nach einer Norm wie ISO 6507 oder ASTM E18 durchgeführt. Bei der Vickers-Härteprüfung wird ein Diamanteindringkörper verwendet, um eine kleine Last auf die Oberfläche des Molybdändrahtes aufzubringen, die Eindruckgröße zu messen und den Härtewert zu berechnen. Die Rockwell-Härteprüfung wird bei gröberen Drähten angewendet, bei denen die Eindringtiefe mit Hilfe einer Stahlkugel oder eines Diamanteindringkörpers gemessen wird. Die Härteprüfung kann die Verschleißfestigkeit und Verarbeitbarkeit des Molybdändrahts widerspiegeln, und die Härte des Molybdändrahts zum Sprühen muss moderat sein, um die Festigkeit und Zähigkeit auszugleichen.

Bei der Prüfung der mechanischen Eigenschaften muss jede Charge Molybdändraht beprobt werden,

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

um sicherzustellen, dass die Ergebnisse den Anforderungen der Norm entsprechen. Die Versuchsdaten bilden die Grundlage für Prozessoptimierungen, wie z. B. die Anpassung der Glühtemperatur oder der Ziehgeschwindigkeit, um die ideale Kombination von Eigenschaften zu erhalten.

8.3 Inspektion der Spritzbeschichtung

Die Qualität der Spritzbeschichtung steht im Mittelpunkt der Anwendung von Molybdän-Sprühdraht, was sich direkt auf die Haltbarkeit und Leistung des Teils auswirkt. Bei der Beschichtungsinspektion werden Dicke, Haftung, Mikrostruktur und Korrosions-, Temperatur- und Temperaturwechselbeständigkeit bewertet, um sicherzustellen, dass die Beschichtung den Designanforderungen entspricht. Diese Untersuchungsergebnisse werden in diesem Abschnitt im Detail untersucht.

8.3.1 Schichtdicken- und Gleichmäßigkeitsmessung

Die Schichtdicke ist ein kritischer Parameter, der sich auf die Schutzleistung auswirkt, eine zu dünne Beschichtung kann zu unzureichendem Schutz führen, und eine zu dicke Beschichtung kann die Belastung oder die Kosten erhöhen. Die Dicke der Beschichtung, die mit Molybdän-Sprühdraht hergestellt wird, beträgt typischerweise 50-500 μm, und die Gleichmäßigkeit muss sichergestellt werden, um lokale Schwächen zu vermeiden.

Bei der Dickenmessung werden hauptsächlich Ultraschall-Dickenmessgeräte und Laser-Dickenmessgeräte eingesetzt. Ultraschall-Dickenmessgeräte berechnen die Dicke der Beschichtung, indem sie Schallwellen an der Grenzfläche zwischen der Beschichtung und dem Substrat reflektieren, wodurch sie für die zerstörungsfreie Prüfung geeignet sind. Laser-Dickenmessgeräte messen den Abstand zwischen der Beschichtungsoberfläche und dem Substrat durch Laserscanning und liefern hochpräzise Dickenverteilungsdaten für Teile mit komplexen Geometrien. Die Offline-Inspektion kann auch mit einem metallurgischen Mikroskop durchgeführt werden, um die Dicke der Beschichtung genau zu messen, indem die Probe geschnitten wird, um den Querschnitt zu beobachten.

Bei der Gleichmäßigkeitsbewertung werden mehrere Bereiche der Beschichtungsoberfläche vermessen, die Maximal- und Minimalwerte der Dicke aufgezeichnet und die Abweichungsrate berechnet. Die Testergebnisse müssen der Norm entsprechen (z. B. GB/T 17733-2008 oder ASTM C633), und Beschichtungen mit ungleichmäßiger Dicke müssen für Sprühparameter optimiert werden, wie z. B. die Einstellung des Sprühabstands oder der Drahtvorschubgeschwindigkeit.

8.3.2 Prüfung der Haftfestigkeit der Beschichtung

Die Adhäsion ist ein wichtiger Indikator für die Haftfestigkeit der Beschichtung mit dem Substrat und bestimmt die Haltbarkeit der Beschichtung während des Betriebs. Beschichtungen, die mit Molybdän-Spritzdraht hergestellt werden, müssen eine hohe Haftung aufweisen, um mechanischen Einwirkungen und thermischen Belastungen standzuhalten.

Die Adhäsionsprüfung wird in erster Linie unter Verwendung eines Zugprüfverfahrens unter

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Bezugnahme auf eine Norm (z. B. ASTM C633) durchgeführt. Während des Tests wird die Beschichtungsprobe zwischen zwei Vorrichtungen verklebt, und eine Streckmaschine übt eine zunehmend ansteigende Spannung aus, um die maximale Kraft beim Ablösen der Beschichtung aufzuzeichnen. Die Haftwerte werden in MPa angegeben, und Sprühmolybdänbeschichtungen erfordern je nach Anwendung typischerweise eine Haftung von 30-50 MPa.

Eine weitere Methode ist der Kratztest, bei dem mit einer Diamantritznadel eine zunehmende Belastung auf die Oberfläche der Beschichtung ausgeübt wird, um den kritischen Punkt zu beobachten, an dem sich die Beschichtung ablöst. Der Kratztest eignet sich zur Beurteilung der Haftung einer Beschichtung unter lokaler Belastung und kann zur Verbesserung der Genauigkeit mit einer Schallemissionserkennung kombiniert werden. Beschichtungen mit schlechter Haftung müssen auf Substratvorbehandlung oder Sprühprozess, optimiertes Strahlen oder Parametereinstellungen überprüft werden.

8.3.3 Analyse der Mikrostruktur und Porosität der Beschichtung

Die Mikrostruktur und Porosität der Beschichtung wirken sich direkt auf ihre mechanischen Eigenschaften und ihre Korrosionsbeständigkeit aus. Sprühmolybdänbeschichtungen müssen eine dichte Mikrostruktur und eine geringe Porosität aufweisen, um einen hervorragenden Schutz zu gewährleisten.

Bei der Gefügeanalyse kommen Rasterelektronenmikroskopie (REM) und optische Mikroskopie zum Einsatz. REM liefert hochauflösende Schnittbilder zur Visualisierung der Korngröße, der Grenzflächenbindung und der Defektverteilung von Beschichtungen. Die optische Mikroskopie eignet sich, um schnell einen weiten Bereich der Schichtstruktur zu analysieren und Risse oder ungeschmolzene Partikel zu identifizieren. Während des Prüfprozesses wird die Probe durch Schneiden, Einbetten und Polieren vorbereitet, um sicherzustellen, dass der Querschnitt klar ist.

Die Porositätsanalyse wird durch Bildanalyse oder Densitometrie durchgeführt. Bei der Bildanalyse werden REM- oder optische Mikroskopbilder verwendet, um das Verhältnis der Porosität zur Querschnittsfläche der Beschichtung zu berechnen, und die Porosität von gespritzten Molybdänbeschichtungen beträgt in der Regel weniger als 5 %. Das Dichtemessverfahren verwendet das archimedische Prinzip, um die tatsächliche Dichte der Beschichtung mit der theoretischen Dichte zu vergleichen, und berechnet indirekt die Porosität. Beschichtungen mit zu hoher Porosität erfordern einen optimierten Sprühprozess, wie z. B. eine erhöhte Sprühgeschwindigkeit oder die HVOF-Technologie.

8.3.4 Prüfung der Korrosionsbeständigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit

Die Korrosionsbeständigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit von Sprühmolybdänbeschichtungen sind Schlüsselindikatoren in rauen Umgebungen und werden häufig in der Luft- und Raumfahrt, in der Chemie und im Energiesektor eingesetzt. Korrosions- und Hochtemperaturtests simulieren reale Einsatzbedingungen, um die Langzeitstabilität der Beschichtung zu bewerten.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Der Korrosionsbeständigkeitstest umfasst einen Salzsprühtest und einen Tauchtest. Beim Salzsprühtest (ASTM B117) wird eine beschichtete Probe in eine Salzsprühkammer gegeben und einer hohen Konzentration von Natriumchloridnebel ausgesetzt, um die Erscheinungszeit von Korrosionsflecken zu beobachten. Bei den Tauchtests wird die Probe in eine saure oder alkalische Lösung (z. B. Schwefelsäure oder Natriumhydroxid) getaucht und die Beschichtung regelmäßig auf Qualitätsverlust oder Oberflächenveränderungen überprüft. Die chemische Inertheit von Molybdänbeschichtungen macht sie hervorragend für eine Vielzahl von korrosiven Medien geeignet, aber besonderes Augenmerk muss auf die Auswirkung der Porosität auf die Korrosion gelegt werden.

Der Hochtemperaturbeständigkeitstest wird durch einen Hochtemperatur-Oxidationstest und einen Temperaturwechseltest durchgeführt. Beim Hochtemperatur-Oxidationstest wird die Beschichtungsprobe in einen Hochtemperaturofen (z. B. 1000 °C) gegeben und Luft oder Sauerstoff ausgesetzt, um die oxidative Gewichtszunahme oder den Beschichtungsverlust zu messen. Temperaturwechseltests simulieren abwechselnd heiße und kalte Umgebungen, und schnelles Aufheizen und Abkühlen werden verwendet, um die Temperaturwechselbeständigkeit von Beschichtungen zu bewerten. Die Testergebnisse müssen mit einer Norm (z. B. ISO 20407) verglichen werden, um sicherzustellen, dass die Beschichtung den Anwendungsanforderungen entspricht.

8.3.5 Temperaturwechselprüfung der Beschichtung

Das Temperaturwechselverhalten ist ein wichtiger Indikator für gespritzte Molybdänbeschichtungen in Umgebungen mit hohen Temperaturzyklen, insbesondere in Flugzeugtriebwerken und Gasturbinen. Bei der Thermoschockprüfung wird die Beständigkeit einer Beschichtung gegen Rissbildung und Abplatzungen bei schnellen Temperaturänderungen bewertet.

Die Temperaturwechselprüfung wird in der Regel mit dem Wasserabschreckverfahren oder dem Heißluftzirkulationsverfahren durchgeführt. Bei der Wasserabschreckmethode wird eine auf eine hohe Temperatur (z. B. 800 °C) erhitzte Beschichtungsprobe schnell in kaltes Wasser getaucht und mehrmals wiederholt, um Risse oder Abplatzungen zu beobachten. Das Heißluftzirkulationsverfahren simuliert eine realistischere Temperaturwechselumgebung durch den Heißhochofen und das Kühlsystem und zeichnet die Anzahl der Ausfallzyklen der Beschichtung auf. Während der Prüfung kann die Rissbildung in Kombination mit Schallemission oder Infrarotbildgebung überwacht werden, um die Detektionsgenauigkeit zu verbessern.

Beschichtungen mit schlechten Temperaturwechseleigenschaften erfordern eine Optimierung der Mikrostruktur, wie z. B. eine Gradientenbeschichtung oder eine Wärmebehandlung, um die Fehlanpassung der Wärmeausdehnung zu reduzieren. Die Testergebnisse bilden die Grundlage für das Design und die Prozessverbesserung der Beschichtung, um ihre Zuverlässigkeit in extremen Umgebungen zu gewährleisten.

8.4 Prüftechnik und -ausrüstung

Fortschrittliche Inspektionstechnologien und -geräte sind das Herzstück der Qualitätskontrolle von Molybdän-Sprühdraht und bieten hochpräzise, zerstörungsfreie und Echtzeit-Analysefunktionen. In

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

diesem Abschnitt werden häufig verwendete Prüftechniken und -geräte erläutert, darunter Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA), Rasterelektronenmikroskopie (REM) und energiedispersive dispersive Analyse (EDS), Härteprüfgeräte, Ultraschallprüfung und Laserdickenmessgeräte sowie andere fortschrittliche Technologien.

8.4.1 Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)

Die Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) ist eine zerstörungsfreie Prüftechnik, mit der die chemische Zusammensetzung von Molybdänpulvern, Molybdändrähten und -beschichtungen schnell analysiert werden kann. RFA-Geräte regen Probenatome an, indem sie Röntgenstrahlen emittieren, zeichnen die charakteristische Fluoreszenz auf, die sie emittieren, und analysieren die Art und den Gehalt der Elemente.

Der Vorteil der RFA ist ihre Geschwindigkeit und ihre Multielementanalysefähigkeit, wodurch sie sich für den Nachweis von Verunreinigungen wie Eisen, Nickel und Kupfer in Molybdänpulvern sowie für die Elementverteilung in Beschichtungen eignet. RFA-Handgeräte erleichtern Tests vor Ort, während Tischgeräte eine höhere Genauigkeit für Laboranalysen bieten. Der Testprozess erfordert die Kalibrierung von Standardproben, um die Genauigkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. RFA wird häufig bei der Herstellung von Molybdän-Spritzdraht verwendet und erfüllt die Anforderungen von Normen wie GB/T 15258-2009.

8.4.2 Rasterelektronenmikroskopie (REM) und energiedispersive dispersive Analyse (EDS)

Die Rasterelektronenmikroskopie (REM) ist das Herzstück der Mikrostrukturanalyse, bei der die Oberfläche einer Probe mit einem Elektronenstrahl abgetastet wird, um hochauflösende Bilder zu erzeugen. REM wird häufig verwendet, um die Topographie von Molybdänpulver, Oberflächenfehler von Molybdändraht und die Querschnittsstruktur von Beschichtungen zu untersuchen und Merkmale wie Korngröße, Porosität und Risse zu identifizieren.

Die Spektroskopie (EDS) wird mit dem REM kombiniert, um die Verteilung und den Gehalt von Elementen zu analysieren, indem die charakteristische Röntgenstrahlung, die von einer Probe emittiert wird, detektiert wird. EDS eignet sich zur Überprüfung der Verteilung von Verunreinigungen in Molybdänpulver, von Oxiden auf der Oberfläche von Molybdändraht oder von Elementdiffusion an der Beschichtungsgrenzfläche. REM/EDS-Tests werden in einer Hochvakuumumgebung durchgeführt, und die Probe muss elektrisch leitfähig sein (z. B. Kohlenstoff- oder Goldbeschichtung), um Aufladungseffekte zu vermeiden.

Die hohe Auflösung und die Elementaranalysefunktionen von REM/EDS machen es zu einem unverzichtbaren Werkzeug für die Qualitätskontrolle von Molybdän-Sprühdrähten, wie es von Normen wie ASTM E1508 gefordert wird.

8.4.3 Härteprüfer (Vickers, Rockwell)

Härteprüfgeräte werden verwendet, um die mechanischen Eigenschaften von Molybdändrähten und -beschichtungen zu bewerten, die ihre Verschleißfestigkeit und Festigkeit widerspiegeln. Das Vickers-Härteprüfgerät misst die Eindruckgröße, indem es eine geringe Last durch den

Diamanteindringkörper aufbringt und eignet sich für die Inspektion von feinen Molybdändrähten und dünnen Beschichtungen. Das Rockwell-Härteprüfgerät misst die Eindringtiefe durch eine Stahlkugel oder einen Diamanteindringkörper und eignet sich für gröbere Drähte oder dicke Beschichtungen.

Die Härteprüfung wird nach einer Norm wie ISO 6507 oder ASTM E18 durchgeführt, um die Genauigkeit von Belastungs- und Eindruckmessungen zu gewährleisten. Die Versuchsergebnisse bilden die Grundlage für Prozessoptimierungen, z.B. die Anpassung der Sinter- oder Sprühparameter, um den gewünschten Härtewert zu erreichen. Das Härteprüfgerät ist einfach zu bedienen und wird häufig in Produktionsstätten und Labors eingesetzt.

8.4.4 Ultraschallprüfung und Laser-Dickenmessgeräte

Ultraschallprüfungen und Laserdickenmessgeräte sind wichtige Werkzeuge für die Qualitätsprüfung von Beschichtungen, bei denen innere Defekte bzw. die Oberflächendicke bewertet werden. Ultraschalldetektoren erkennen Porositäten, Risse oder Ablösungen durch die Reflexion von Schallwellen an der Grenzfläche zwischen der Beschichtung und dem Substrat und eignen sich damit für die zerstörungsfreie Prüfung. Das Gerät muss die Standardproben kalibrieren, um die Genauigkeit der Schallgeschwindigkeit und des reflektierten Signals sicherzustellen.

Laser-Dickenmessgeräte messen die Schichtdicke durch Laserscanning und ermöglichen so eine hochpräzise, berührungslose Inspektion von Teilen mit komplexen Geometrien. Die Maschine ist in der Lage, eine Dickenkarte zu erstellen, Unebenheiten zu identifizieren und den Beschichtungsprozess zu optimieren. Die Kombination aus Ultraschallprüfung und Laser-Dickenmessgeräten ermöglicht eine umfassende Beurteilung der Qualität der Beschichtung nach Normen wie ASTM C633.

8.4.5 Sonstige fortgeschrittene Nachweistechnologien

Zusätzlich zu den oben genannten Geräten werden bei der Detektion von Molybdän-Sprühdraht auch eine Vielzahl fortschrittlicher Technologien eingesetzt, um die Detektionsgenauigkeit und -effizienz zu verbessern. Zum Beispiel:

Röntgenbeugung (XRD): Sie wird verwendet, um die Kristallstruktur von Molybdänpulver, Molybdändraht und -beschichtung zu analysieren, die Phasenzusammensetzung und den Spannungszustand zu identifizieren und eignet sich zur Untersuchung der Hochtemperaturleistung von Beschichtungen.

Infrarot-Thermografie: Sie dient der Überwachung der Temperaturverteilung während des Sprühvorgangs in Echtzeit, um eine Überhitzung des Untergrunds oder eine ungleichmäßige Beschichtung zu verhindern.

Akustische Emissionserkennung: Bewerten Sie die Haltbarkeit einer Beschichtung, indem Sie ihr akustisches Mikrorisssignal bei Temperaturschock oder mechanischer Beanspruchung überwachen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Rasterkraftmikroskopie (AFM): Bietet Oberflächentopographie und Rauheitsanalyse im Nanometerbereich für die hochpräzise Inspektion von Molybdändrähten und -beschichtungen.

Diese Technologien bieten eine Vielzahl von Mitteln für die Qualitätskontrolle von Molybdän-Spritzdraht, kombiniert mit traditionellen Methoden, um den Anforderungen verschiedener Anwendungsszenarien gerecht zu werden.

8.5 Qualitätsmanagementsystem

Das Qualitätsmanagementsystem ist das Herzstück der Produktion von Molybdän-Spritzdraht und stellt die Zuverlässigkeit der Prüfergebnisse und die Kontrollierbarkeit des Produktionsprozesses sicher. Durch die Etablierung eines standardisierten Managementprozesses können Unternehmen eine kontinuierliche Verbesserung der Qualität und Kundenzufriedenheit erreichen. In diesem Abschnitt werden die Qualitätszertifizierung nach ISO 9001, die Berichterstattung und Rückverfolgbarkeit von Inspektionen sowie die Analyse und Verbesserung von Qualitätsmängeln untersucht.

8.5.1 ISO 9001 Qualitätszertifizierung

ISO 9001 ist eine international anerkannte Norm für Qualitätsmanagementsysteme, die einen normativen Rahmen für die Herstellung von beschichtetem Molybdändraht bietet. Die Norm verlangt von Unternehmen, einen umfassenden Qualitätsmanagementprozess einzurichten, der die Rohstoffbeschaffung, den Produktionsprozess, die Prüfung und den Kundendienst umfasst. ISO 9001 betont die Kundenorientierung und die Verbesserung der Produktqualität und -effizienz durch kontinuierliche Verbesserung.

Bei der Herstellung von beschichtetem Molybdändraht verlangt ISO 9001 die Entwicklung detaillierter Betriebsanweisungen (SOPs), die die Verantwortlichkeiten und Standards der einzelnen Glieder klären. So wird beispielsweise die chemische Zusammensetzung von Molybdänpulvern nach standardisierten Probenahme- und Analyseverfahren geprüft, und bei der Haftfestigkeitsprüfung von Spritzbeschichtungen müssen alle Parameter und Ergebnisse dokumentiert werden. Die Norm verlangt auch regelmäßige interne Audits und Management-Reviews, um potenzielle Probleme zu identifizieren und Verbesserungen zu entwickeln.
Unternehmen, die nach ISO 9001 zertifiziert sind, können ihre Wettbewerbsfähigkeit auf dem Markt steigern und die strengen Anforderungen von Branchen wie Luft- und Raumfahrt und Automobilindustrie erfüllen. Der Zertifizierungsprozess wird von einer Drittorganisation durchgeführt, um die Objektivität und Compliance des Managements zu gewährleisten.

8.5.2 Prüfbericht und Rückverfolgbarkeit

Prüfberichte und Rückverfolgbarkeit sind wichtige Bestandteile des Qualitätsmanagements, um sicherzustellen, dass die Qualität jeder Charge von Molybdän-Spritzdraht und seiner Beschichtung überprüfbar ist. Der Prüfbericht muss die Prüfergebnisse von Rohstoffen, Molybdändrähten und Beschichtungen im Detail aufzeichnen, einschließlich chemischer Zusammensetzung, Größe, Leistung und Fehleranalyse. Der Bericht muss den Formatanforderungen der Norm (z. B. GB/T 15258-2009) entsprechen und vom Prüfer unterzeichnet und datiert sein.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Die Rückverfolgbarkeit erfordert die Erstellung eines vollständigen Produktionsprotokolls, das jeden Schritt des Prozesses abdeckt, von der Beschaffung des Molybdänpulvers bis zum fertigen Beschichtungsprodukt. Jeder Charge von Molybdändraht und -beschichtung wird eine eindeutige Identifikationsnummer zugewiesen, in der die Rohstoffquelle, die Produktionsparameter, die Testergebnisse und die Werksinformationen aufgezeichnet sind. Moderne Unternehmen verwenden elektronische Rückverfolgbarkeitssysteme, um Daten über Barcodes oder QR-Codes zu verwalten und so einen schnellen Abruf und Austausch von Informationen zu gewährleisten.

Die Rückverfolgbarkeit hilft nicht nur bei der Qualitätskontrolle, sondern ermöglicht auch eine schnelle Identifizierung der Ursache von Problemen, wenn sie auftreten. Löst sich die Beschichtung beispielsweise ab, können die Oberflächenqualität des Molybdändrahtes oder die Beschichtungsparameter durch ein Rückverfolgbarkeitssystem überprüft werden, um gezielte Verbesserungsmaßnahmen zu entwickeln.

8.5.3 Analyse und Verbesserung von Qualitätsmängeln

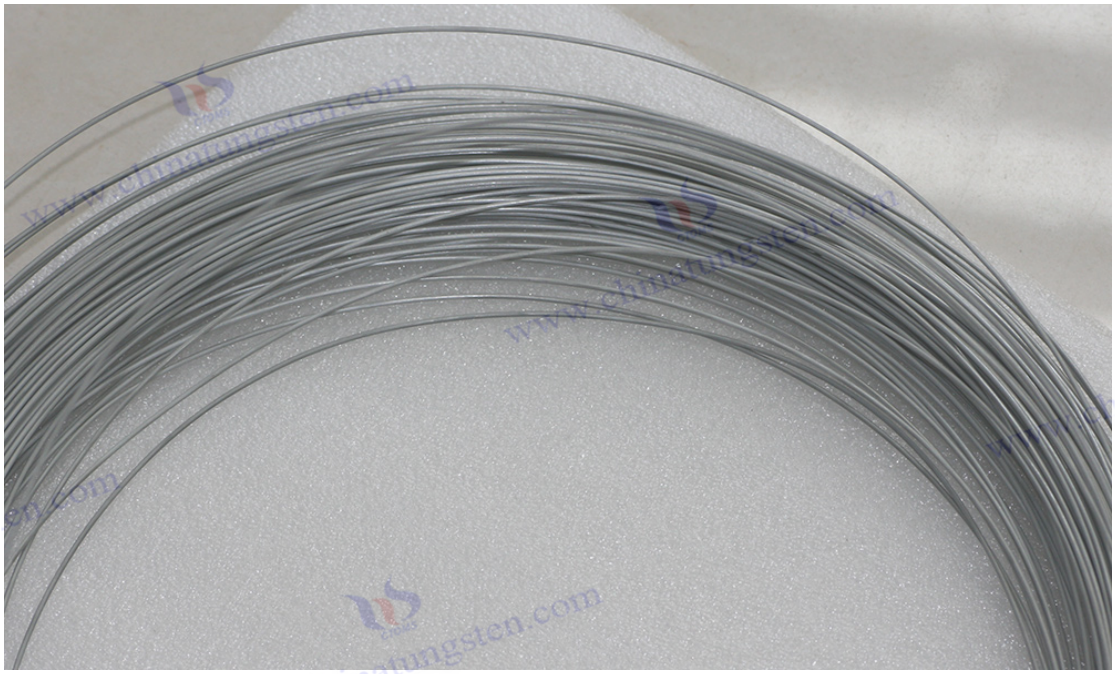
Die Analyse von Qualitätsmängeln ist der Schlüssel zur kontinuierlichen Verbesserung durch die systematische Analyse von Fehlerursachen, die Optimierung des Produktionsprozesses und der Inspektionsmethoden. Zu den häufigen Defekten gehören Oberflächenrisse in Molybdändrähten, übermäßige Beschichtungsporosität und unzureichende Haftung, die eine wissenschaftliche Analyse erfordern, um die Ursache zu identifizieren.

Bei der Fehleranalyse werden in der Regel ein Fischgrätendiagramm, 5W1H (Warum, Wo, Wann, Wer, Was, Wie) und eine Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) verwendet. Das Fischgrätendiagramm unterteilt die Ursachen von Fehlern in fünf Kategorien: Mensch, Maschine, Material, Methode und Umwelt und sortiert systematisch die möglichen Einflussfaktoren aus. 5W1H lokalisiert die Szenarien und Bedingungen, unter denen Defekte durch bestimmte Probleme auftreten. Die FMEA bewertet das potenzielle Risiko von Defekten und entwickelt präventive Maßnahmen wie eine verbesserte Substratvorbehandlung oder die Optimierung von Beschichtungsparametern.

Verbesserungen müssen getestet werden, um ihre Wirksamkeit sicherzustellen. Wenn beispielsweise die Porosität einer Beschichtung zu hoch ist, versuchen Sie, die Sprührate zu erhöhen oder die HVOF-Technologie zu verwenden und die Verbesserung durch REM-Analyse zu überprüfen. Verbesserungsergebnisse müssen in SOPs und Schulungspläne integriert werden, um ein erneutes Auftreten von Problemen zu verhindern.

Die Analyse und Verbesserung von Qualitätsmängeln ist ein dynamischer Prozess des Qualitätsmanagements, und durch einen datengesteuerten Ansatz können Unternehmen die Leistung und Zuverlässigkeit von Molybdän-Spritzdraht kontinuierlich verbessern, um die Marktnachfrage zu befriedigen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved



CTIA GROUP LTD Molybdän-Sprühdraht

Kapitel 9 Entwicklungstrend und Zukunftsaussichten von Molybdän-Spritzdraht

Als wichtiger Werkstoff der thermischen Spritztechnik spielt Molybdän-Spritzdraht eine unersetzliche Rolle in der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie, der Energie- und Chemieindustrie. Mit der Transformation der globalen Industrie hin zu intelligenten, umweltfreundlichen und High-End-Produkten eröffnen sich für die Technologie, den Markt und die Anwendung von Molybdän-Spritzdraht neue Chancen und Herausforderungen. In diesem Kapitel werden der technische Entwicklungstrend von Molybdän-Spritzdraht, die Marktnachfrage und die Anwendungserweiterung, der Umweltschutz und die nachhaltige Entwicklung sowie die Aussichten auf internationalen technischen Austausch und Zusammenarbeit eingehend erörtert und ein systematischer Ausblick auf die zukünftige Entwicklung der Branche gegeben.

9.1 Technischer Entwicklungstrend von Molybdän-Sprühdraht

Die technologische Entwicklung von Molybdän-Sprühdraht geht in Richtung höherer Leistung, höherer Effizienz und mehr Intelligenz. Die Konvergenz neuer Materialien, neuer Verfahren und digitaler Technologien hat die Spritztechnik revolutioniert und es Molybdändraht und seinen Beschichtungen ermöglicht, den Anforderungen immer komplexerer und anspruchsvollerer Anwendungen gerecht zu werden. Im Mittelpunkt dieser Rubrik stehen die Entwicklungstrends neuer Spritzmaterialien und -verfahren, intelligenter und digitaler Produktion sowie Verbundbeschichtungstechnologien.

9.1.1 Neue Sprühmaterialien und -verfahren

Die Entwicklung neuer Sprühmaterialien und -verfahren ist die Schlüsselrichtung zur Verbesserung der Leistung von Molybdän-Sprühdraht. Herkömmlicher Molybdändraht basiert auf seinem hohen Schmelzpunkt, seiner Korrosionsbeständigkeit und seinen hervorragenden mechanischen

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Eigenschaften, aber eine einzelne Molybdänbeschichtung kann in einigen extremen Umgebungen, wie z. B. extrem hohen Temperaturen oder starker Korrosion, an Grenzen stoßen. Die Einführung neuer Materialien und Verfahren zielt darauf ab, diese Einschränkungen zu überwinden und das Anwendungsspektrum von Molybdändraht zu erweitern.

Was die Werkstoffe betrifft, so haben sich Molybdänmatrix-Komposite und dotierte Molybdändrähte zu Forschungs-Hotspots entwickelt. Molybdän-Matrix-Verbundwerkstoffe verbessern die Härte, Verschleißfestigkeit und Oxidationsbeständigkeit von Beschichtungen erheblich, indem sie Molybdän um keramische Partikel (z. B. Zirkonoxid, Siliziumkarbid) oder Seltenerdelemente (z. B. Lanthan, Cer) ergänzen. So kann beispielsweise mit Lanthanoxid dotierter Molybdändraht beim Hochtemperaturspritzen eine stabile Oxidschutzschicht bilden, die die Lebensdauer der Beschichtung verlängert. Die Entwicklung von nanoskaligem Molybdänpulver hat auch einen Durchbruch im Sprühprozess gebracht, und die feine Größe und die gleichmäßige Verteilung der Nanopartikel machen die Beschichtung dichter und die Porosität deutlich reduziert. Die Herstellung solcher nanoskaligen Materialien erfolgt häufig durch Aufdampfen oder mechanische Legierungstechniken, um eine hohe Reinheit und Konsistenz der Partikel zu gewährleisten.

In Bezug auf das Verfahren entwickeln sich die Technologien für Kaltspritzen und lasergestütztes Spritzen rasant weiter. Beim Kaltspritzen werden Molybdänpartikel durch Überschallgasströme auf der Oberfläche des Substrats abgeschieden, wodurch Oxidation und thermische Belastung durch Hochtemperaturschmelzen vermieden werden, und es eignet sich besonders für wärmeempfindliche Substrate wie Aluminiumlegierungen oder Polymere. Das lasergestützte Spritzen, kombiniert mit der hohen Energiedichte des Lasers, steuert den Abscheideweg der Schmelztröpfchen und die Mikrostruktur der Beschichtung präzise, was zu einer gleichmäßigeren Beschichtung und einer stärkeren Haftung führt. Darüber hinaus haben Fortschritte beim Überschall-Flammspritzen (HVOF) und beim Schwebeplasmaspritzen (SPS) auch zu einer höheren Abscheidungseffizienz und Beschichtungsqualität beim Spritzen von Molybdändraht geführt. Diese Prozesse erreichen eine geringere Porosität und eine höhere Haftfestigkeit, indem sie den Gasfluss, die Wärmequellenleistung und die Drahtvorschubgeschwindigkeit optimieren.

Die Kombination neuer Materialien und Verfahren treibt auch die Entwicklung funktionaler Beschichtungen voran. So werden selbstschmierende Beschichtungen auf Molybdänbasis mit Molybdändisulfid oder Graphit dotiert, was den Reibungskoeffizienten deutlich reduziert und für hochpräzise Gleitteile geeignet ist; Wärmedämmschichten auf Molybdänbasis werden auf Turbinenschaufeln von Flugzeugtriebwerken aufgebracht, indem sie mit Keramikschichten compoundiert werden, um deren Lebensdauer bei hohen Temperaturen zu verlängern. Diese Technologietrends zeigen, dass sich spritzbeschichteter Molybdändraht von einem einzelnen Material zu einer multifunktionalen, kundenspezifischen Richtung entwickelt, die eine flexiblere Lösung für High-End-Anwendungen bietet.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

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/cm³
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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

9.1.2 Intelligente und digitale Produktion

Die intelligente und digitale Produktion ist ein revolutionärer Trend in der Molybdän-Spritzdrahtindustrie, und die Integration von künstlicher Intelligenz, dem Internet der Dinge und der Big-Data-Analyse hat die Produktionseffizienz, die Qualitätskontrolle und die Prozessoptimierungsmöglichkeiten erheblich verbessert. Intelligente Beschichtungssysteme und digitale Produktionsprozesse verändern die Art und Weise, wie Molybdändraht hergestellt und verwendet wird.

Das intelligente Sprühsystem basiert auf Industrierobotern und Sensoren, die die Sprühparameter in Echtzeit überwachen und anpassen können. Das Roboter-Sprühsystem passt sich durch visuelle Erkennung und Bahnplanungstechnologie an das Substrat mit komplexen Geometrien an, um die Gleichmäßigkeit der Beschichtung zu gewährleisten. Der Sensor sammelt Daten wie Temperatur, Druck und Drahtvorschubgeschwindigkeit in Echtzeit und optimiert die Prozessparameter dynamisch durch das Feedback-Control-System. Einige fortschrittliche Plasmaspritzgeräte sind beispielsweise in der Lage, Algorithmen des maschinellen Lernens zu verwenden, um Beschichtungsfehler vorherzusagen und Sprühabstände oder Gasdurchflussraten automatisch anzupassen, um die Ausschussraten zu reduzieren.

Die digitale Produktion ermöglicht die Konnektivität von Geräten und den Datenaustausch über das industrielle Internet der Dinge (IIoT). Jedes Gerät in der Produktionslinie (z. B. Drahtziehmaschine, Spritzpistole, Detektor) ist mit einem Datenerfassungsmodul ausgestattet, das Prozessparameter und Qualitätsdaten auf die Cloud-Plattform hochlädt. Datenanalyseplattformen, wie z. B. SCADA-Systeme, ermöglichen die Echtzeitüberwachung von Produktionsprozessen, um potenzielle Probleme zu identifizieren und Prozesse zu optimieren. So kann beispielsweise die Analyse der Spannungsschwankungen beim Ziehen von Molybdändraht Anpassungen an Schmierstoffformulierungen oder Werkzeugkonstruktionen vornehmen, um die Drahtqualität zu verbessern. Die digitale Produktion unterstützt auch die Fernwartung, so dass Techniker über die Cloud auf den Anlagenstatus zugreifen können, um Fehler schnell zu diagnostizieren und Ausfallzeiten zu reduzieren.

Künstliche Intelligenz (KI) spielt eine immer wichtigere Rolle bei der Prozessoptimierung. KI-Algorithmen analysieren historische Produktionsdaten, um die beste Kombination von Prozessparametern vorherzusagen und Versuchszyklen zu verkürzen. Beim HVOF-Spritzen kann das KI-Modell beispielsweise das optimale Kraftstoffverhältnis und die Einspritzgeschwindigkeit basierend auf dem Substrattyp und den Anwendungsanforderungen empfehlen, wodurch die Beschichtungsleistung erheblich verbessert wird. Darüber hinaus unterstützt KI die Qualitätsvorhersage und reduziert Qualitätsrisiken, indem sie Inspektionsdaten wie REM-Bilder oder Ergebnisse von Adhäsionstests analysiert, um nicht konforme Produkte im Vorfeld zu identifizieren.

Der Trend zur intelligenten und digitalen Produktion hat nicht nur die Produktionseffizienz verbessert, sondern auch die flexible Fertigung gefördert. Moderne Beschichtungslinien sind in der Lage, schnell zwischen verschiedenen Größen von Molybdändraht und Beschichtungsarten zu

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

wechseln, um den Anforderungen kleiner Chargen und kundenspezifischer Bestellungen gerecht zu werden. Dieser technologische Fortschritt ermöglicht es der Molybdän-Spritzdrahtindustrie, sich besser an Marktveränderungen anzupassen und Produkte mit hoher Wertschöpfung für High-End-Bereiche wie Luft- und Raumfahrt und Automobilindustrie anzubieten.

9.1.3 Verbundbeschichtungstechnologie

Die Verbundbeschichtungstechnologie verbessert die Gesamtleistung der Beschichtung erheblich, indem sie mit anderen Materialien wie Keramik, Metallen oder Polymeren kombiniert wird. Die Entwicklung von Verbundstoffbeschichtungen ist eine wichtige Richtung der Molybdän-Sprühdrahttechnologie, die die Anwendungsanforderungen multifunktionaler und extremer Umgebungen erfüllen kann.

Die Gradientenbeschichtung ist eine Art Verbundbeschichtungstechnologie, die Abplatzungen durch thermische Belastung reduziert, indem eine Übergangsschicht zwischen dem Substrat und der Molybdänbeschichtung eingeführt wird, um den Unterschied im Wärmeausdehnungskoeffizienten und in der Härte auszugleichen. So wird beispielsweise auf Turbinenschaufeln von Flugzeugtriebwerken eine Bindeschicht aus einer Nickelbasislegierung mit einer Molybdänbeschichtung und einer Wärmedämmschicht aus Zirkonoxid zu einer Gradientenstruktur kombiniert, die die Temperaturwechselbeständigkeit der Beschichtung erheblich verbessert. Gradientenbeschichtungen werden in der Regel mit einem Mehrquellen-Sprühsystem hergestellt, das eine allmähliche Änderung der Zusammensetzung und Leistung erreicht, indem die Abscheidungsgeschwindigkeit verschiedener Materialien genau gesteuert wird.

Die Mehrschichtbeschichtung ist eine weitere wichtige Verbundwerkstofftechnologie, die die Leistung von Beschichtungen optimiert, indem verschiedene Materialschichten abwechselnd abgeschieden werden. So werden Molybdänschichten abwechselnd mit Aluminiumoxidschichten abgeschieden, die sowohl Verschleiß- als auch Korrosionsbeständigkeit bieten und somit für den chemischen Reaktorschutz geeignet sind. Die Herstellung von mehrschichtigen Beschichtungen erfordert eine genaue Kontrolle der Dicke jeder Schicht und der Grenzflächenverklebung, und moderne Plasmaspritzgeräte erreichen eine effiziente Multimaterialabscheidung durch Mehrpistolendesign.

Funktionalisierte Kompositschichten verleihen Beschichtungen besondere Eigenschaften, indem sie mit Funktionsmaterialien dotiert werden. Zum Beispiel haben Molybdänbeschichtungen, die mit Kohlenstoffnanoröhren dotiert sind, eine ausgezeichnete Leitfähigkeit und Selbstschmierung, die für Hochgeschwindigkeits-Gleitteile von elektronischen Geräten geeignet sind; Die mit Yttriumoxid dotierte Molybdänbeschichtung verbessert die Beständigkeit gegen Hochtemperaturoxidation und ist für Gasturbinenschaufeln geeignet. Die Entwicklung dieser funktionalen Beschichtungen stützt sich auf Fortschritte in der Nanotechnologie und der Oberflächenmodifikationstechnologie, um sicherzustellen, dass das dotierte Material gleichmäßig verteilt und gut an die Molybdänmatrix gebunden ist.

Die Herausforderungen der Verbundbeschichtungstechnologie sind die Prozesskomplexität und die

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Kostenkontrolle. Zukünftige Entwicklungen erfordern eine intelligente Anlagen- und Prozessoptimierung, um die Produktionskosten zu senken und gleichzeitig die Konsistenz und Zuverlässigkeit von Beschichtungen zu verbessern. Die breite Anwendung dieser Technologien wird die Wettbewerbsfähigkeit von Molybdän-Spritzdraht auf dem Markt im High-End-Bereich fördern.

9.2 Marktnachfrage und Anwendungserweiterung von Molybdän-Sprühdraht

Die Marktnachfrage nach Molybdän-Spritzdraht wird durch die globale Industrialisierung und die Entwicklung neuer Technologien angetrieben, und das Anwendungsfeld expandiert schnell von traditionellen Industrien in aufstrebende Industrien. In diesem Abschnitt werden das Anwendungspotenzial aufstrebender Industrien sowie globale Markttrends analysiert, um eine Marktperspektive für die zukünftige Entwicklung von Molybdän-Spritzdraht zu bieten.

9.2.1 Anwendungspotenzial in aufstrebenden Industrien

Die rasante Entwicklung aufstrebender Branchen wie erneuerbare Energien, Elektrofahrzeuge, additive Fertigung und Biomedizin hat neue Anwendungsmöglichkeiten für Molybdän-Spritzdraht eröffnet. Diese Branchen verlangen eine höhere Leistung und Vielseitigkeit bei Hochleistungsbeschichtungen und treiben die Innovation und Marktexpansion der Molybdändrahttechnologie voran.

Im Bereich der erneuerbaren Energien wird sprühbeschichteter Molybdändraht häufig als Schutzbeschichtung für Solarthermie- und Windkraftanlagen verwendet. Solarkollektorrohre müssen über lange Zeiträume bei hohen Temperaturen betrieben werden, und Molybdänbeschichtungen verbessern die Wärmeübertragungseffizienz und Haltbarkeit durch ihre hohe Wärmeleitfähigkeit und Oxidationsbeständigkeit. Die Rotorblätter und Lager von Windkraftanlagen sind Windsand und Feuchtigkeit ausgesetzt, und die Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit von Molybdänbeschichtungen kann ihre Lebensdauer erheblich verlängern. Da die weltweite Nachfrage nach sauberer Energie wächst, wird das Anwendungspotenzial von Molybdändraht in Anlagen für erneuerbare Energien weiter zunehmen.

Der Aufstieg der Elektrofahrzeugindustrie (EV) hat einen riesigen Markt für Molybdän-Spritzdraht geschaffen. Das Batteriemanagementsystem und die Motorkomponenten von Elektrofahrzeugen müssen bei hohen Temperaturen und hohen Strömen betrieben werden, und eine Molybdänbeschichtung kann die Leitfähigkeit und Verschleißfestigkeit der Elektroden verbessern und so die Lebensdauer der Komponenten verlängern. Darüber hinaus verwendet das Bremssystem von Elektrofahrzeugen regeneratives Bremsen, was eine höhere Verschleißfestigkeit der Bremsscheiben erfordert, und die Molybdänbeschichtung erfüllt diese Anforderungen durch ihren niedrigen Reibungskoeffizienten und ihre hohe Härte. Das schnelle Wachstum des Marktes für Elektrofahrzeuge wird die weitere Popularität von Molybdän-Spritzdraht in der Automobilindustrie vorantreiben.

Die additive Fertigung (3D-Druck) ist ein weiteres aufstrebendes Anwendungsgebiet. Molybdän-Beschichtungen werden verwendet, um die Düsen und Formen von 3D-Druckgeräten vor Verschleiß

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

und Korrosion durch Hochtemperatur-Schmelzen zu schützen. Molybdändraht kann auch als Rohstoff für den 3D-Druck verwendet werden, um molybdänbasierte Teile mit komplexen Formen durch Laser- oder Plasmaabscheidung für Luft- und Raumfahrt- und Medizinanwendungen herzustellen. Die hohen Anforderungen der additiven Fertigung an Materialeigenschaften und Prozessflexibilität haben die technologische Innovation beim Molybdän-Spritzdraht vorangetrieben.

Im biomedizinischen Bereich werden mit Molybdän-Sprühdraht hergestellte Beschichtungen aufgrund ihrer Biokompatibilität und Korrosionsbeständigkeit auf den Oberflächenschutz von Implantaten und chirurgischen Instrumenten aufgebracht. So können beispielsweise Molybdänbeschichtungen auf künstlichen Gelenken die Korrosion von Flüssigkeiten verringern und die Lebensdauer von Implantaten verlängern. Die Molybdänbeschichtung des Skalpells verbessert die Schnittgenauigkeit durch ihre hohe Härte und geringe Reibung. Mit dem Fortschritt der Präzisionsmedizin und einer alternden Gesellschaft haben Molybdänbeschichtungen breite Perspektiven für den Einsatz in Medizinprodukten.

Das Anwendungspotenzial dieser aufstrebenden Industrien zeigt, dass sich Molybdän-Spritzdraht von einer traditionellen Industrie zu einem High-Tech-Bereich wandelt. Unternehmen müssen ihre Investitionen in Forschung und Entwicklung erhöhen und maßgeschneiderte Produkte entwickeln, um den neuen Anforderungen gerecht zu werden, um Marktchancen zu nutzen.

9.2.2 Analyse des globalen Markttrends

Der globale Markt für Molybdän-Spritzdraht wird durch den Prozess der Industrialisierung, die regionale Wirtschaft und die politische Ausrichtung beeinflusst und zeigt einen diversifizierten Entwicklungstrend. China, die Europäische Union, Nordamerika und der asiatisch-pazifische Raum sind die wichtigsten Märkte mit unterschiedlichen Marktmerkmalen und Nachfragetreibern in jeder Region.

China ist der weltweit größte Produzent und Verbraucher von Molybdänressourcen, und der Markt für Molybdän-Spritzdraht profitiert von der rasanten Entwicklung der inländischen Fertigung und des Infrastrukturbaus. Luft- und Raumfahrt, Automobil und Energieausrüstung sind die wichtigsten Nachfragebereiche des chinesischen Marktes, und nationale Maßnahmen wie das Ziel der "Klimaneutralität" haben die Entwicklung der Industrie für erneuerbare Energien und Elektrofahrzeuge gefördert und die Nachfrage nach Molybdändraht weiter erhöht. Chinesische Unternehmen haben durch technologische Modernisierung und Kostenoptimierung eine wichtige Position auf dem Weltmarkt eingenommen.

Der EU-Markt ist geprägt von High-End-Anwendungen und Umweltanforderungen, wobei die Luft- und Raumfahrt sowie die Automobilindustrie die Hauptnachfragequellen sind. Die umweltfreundlichen Herstellungsvorschriften der Europäischen Union, wie REACH und RoHS, verlangen von Unternehmen, umweltfreundliche Sprühverfahren einzuführen, was die Entwicklung von Kaltspritz- und grünen Molybdän-Beschichtungstechnologien vorantreibt. Europäische Unternehmen sind führend bei technologischer Innovation und Qualitätsstandards und konzentrieren sich auf die technische Zusammenarbeit mit dem internationalen Markt.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Der nordamerikanische Markt wird von der Luft- und Raumfahrt- und Energieindustrie dominiert, und die Nachfrage nach Hochleistungsbeschichtungen in den USA wächst weiter, insbesondere bei Gasturbinen und Tiefsee-Öl- und Gasanlagen. Nordamerikanische Unternehmen sind führend in der HVOF- und Plasmaspritztechnologie und legen den Schwerpunkt auf die Entwicklung und Anwendung intelligenter Geräte. Die Politik der US-Regierung zur Rückverlagerung der Produktion hat dem regionalen Markt neue Vitalität verliehen.

Der asiatisch-pazifische Raum, insbesondere Indien, Japan und Südkorea, ist ein schnell wachsender Markt, in dem die Expansion in den Bereichen Automobilelektronik, erneuerbare Energien und Schiffbau die Nachfrage nach Molybdändraht ankurbelt. Der niedrige Kostenvorteil des indischen Marktes hat es zu einem aufstrebenden Zentrum für die Verarbeitung von Molybdändraht gemacht, während Japan und Südkorea sich auf hochpräzise Anwendungen in der Halbleiter- und Displayindustrie konzentrieren. Die Förderung der regionalen wirtschaftlichen Integration, wie z. B. RCEP, hat den Technologie- und Ressourcenaustausch auf dem asiatisch-pazifischen Markt erleichtert.

Globale Markttrends deuten darauf hin, dass die Nachfrage nach Molybdän-Spritzdraht weiter steigen wird, insbesondere in High-End- und Schwellenländern. Unternehmen müssen auf die unterschiedlichen Bedürfnisse der regionalen Märkte achten und die Marktabdeckung durch lokalisierte Produktion und Optimierung der globalen Lieferkette verbessern. Gleichzeitig muss dem Risiko internationaler Handelshemmnisse und Schwankungen der Rohstoffpreise durch eine diversifizierte Beschaffung und strategische Zusammenarbeit begegnet werden.

9.3 Umweltschutz und nachhaltige Entwicklung des Sprühens

Umweltschutz und nachhaltige Entwicklung sind eine wichtige Entwicklungsrichtung der Sprühmolybdänindustrie, und das Konzept der grünen Technologie und Kreislaufwirtschaft wirkt sich tiefgreifend auf die Auswahl der Produktionsweise und des Prozesses aus. Die Reduzierung der Umweltverschmutzung, die Verbesserung der Ressourcennutzung und die Förderung einer kohlenstoffarmen Produktion sind häufige Herausforderungen, denen sich die Branche stellen muss. In diesem Abschnitt werden umweltfreundliche Sprühtechnologien und Umweltmanagementsysteme behandelt.

Grüne Sprühtechnik

Die umweltfreundliche Sprühtechnologie zielt darauf ab, die Schadstoffemissionen und den Energieverbrauch während des Sprühprozesses zu reduzieren und Umweltziele durch Prozessinnovationen und Gerätemodernisierungen zu erreichen. Die Entwicklung der umweltfreundlichen Spritztechnologie bietet eine Lösung für die Probleme, dass herkömmliche thermische Spritztechniken, wie z. B. das Flammspritzen, Abgase, Staub und Lärm erzeugen können.

Die Kaltspritztechnologie ist eine typische grüne Technologie, die Oxidemissionen und Wärmeenergieverschwendung durch hohe Temperaturen vermeidet, indem Molybdänpartikel bei niedriger Temperatur und hoher Geschwindigkeit gespritzt werden. Kaltspritzgeräte verwenden ein

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

effizientes Gaszirkulationssystem, das die Menge an verwendetem Helium oder Stickstoff reduziert und die Betriebskosten senkt. Durch den geringen Wärmeeintrag von Kaltspritzen eignet es sich für den Umgang mit wärmeempfindlichen Substraten und die Reduzierung der Ausschusserzeugung, wodurch es in der Automobil- und Elektronikindustrie weit verbreitet ist.

Emissionsarme Sprühgeräte stehen im Fokus der grünen Entwicklung. Moderne Plasmaspritz- und HVOF-Anlagen sind mit Abgasnachbehandlungsanlagen ausgestattet, die schädliche Gase wie Schwefeldioxid oder Stickoxide durch Filtrations- und Adsorptionstechnik entfernen und so die Einhaltung von Emissionsnormen (z. B. EU REACH) sicherstellen. Effiziente Verbrennungssysteme reduzieren die Kohlenstoffemissionen und verbessern gleichzeitig die Energieeffizienz, indem sie das Verhältnis von Kraftstoff zu Sauerstoff optimieren. Einige hochmoderne Sprühgeräte integrieren auch Wärmerückgewinnungssysteme, die die Abwärme zur Vorwärmung des Untergrunds oder zum Heizen nutzen und so den Energieverbrauch senken.

Die Einführung der wasserbasierten Reinigungstechnologie hat auch die Entwicklung des grünen Sprühens gefördert. Herkömmliche Reinigungsverfahren verwenden organische Lösungsmittel, die zu Verunreinigungen mit flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) führen können. Reiniger auf Wasserbasis sind hochwirksam bei der Entfernung von Öl und Oxiden von der Oberfläche von Molybdändraht durch biologisch abbaubare Formulierungen und Ultraschallreinigungstechnologie, wodurch die Umweltbelastung reduziert wird. Die umfassende Anwendung dieser grünen Technologien macht die Herstellung von Molybdän-Spritzdraht umweltfreundlicher und entspricht den Anforderungen einer globalen nachhaltigen Entwicklung.

Schrottverwertung und Recycling

Die Verwertung und Verwertung von Abfällen ist ein wichtiger Bestandteil der nachhaltigen Entwicklung der Molybdän-Spritzdrahtindustrie. Als seltenes Metall verfügt Molybdän nur über begrenzte Ressourcen, und Recycling kann die Produktionskosten senken und die Umweltbelastung verringern. Spritzerpartikel, Filamentabfall und alte Beschichtungen aus dem Sprühprozess sind die Hauptgegenstände des Recyclings.

Die Rückgewinnung von Spritzpartikeln wird durch ein spezielles Auffangsystem erreicht. Moderne Sprühgeräte sind mit Staubabscheidern und Filtern ausgestattet, um Molybdänpartikel, die während des Sprühvorgangs entweichen, aufzufangen und abzuscheiden. Diese Partikel werden gesiebt und gereinigt und können zum Sprühen oder zur Herstellung von Molybdänpulver wiederverwendet werden. Die Effizienz des Recyclingsystems wirkt sich direkt auf die Ressourcennutzung aus, und hochmoderne Geräte sind in der Lage, bis zu 90 % der Spritzpartikel zurückzugewinnen.

Das Recycling von Filamentabfällen und alten Beschichtungen erfolgt mit chemischen oder mechanischen Methoden. Der Altdraht wird durch Schmelzen oder Elektrolyse gereinigt und in hochreines Molybdänpulver umgewandelt, das wieder in den Produktionsprozess eingespeist wird. Beim Recycling alter Beschichtungen werden in der Regel Sandstrahlen oder chemische Abbeiztechniken eingesetzt, um die Beschichtung vom Substrat zu trennen, und das zurückgewonnene Molybdänmaterial wird zerkleinert und gereinigt, bevor es wiederverwendet

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

wird. Der Recyclingprozess erfordert eine strenge Kontrolle des Einbringens von Verunreinigungen, um sicherzustellen, dass die Qualität des recycelten Materials der Norm (z. B. GB/T 3462-2017) entspricht.

Der Aufbau eines Recyclingsystems erfordert die Zusammenarbeit der vor- und nachgelagerten Industriekette. Molybdänverarbeiter und Sprühdienstleister müssen ein Recyclingnetzwerk aufbauen, um Abfälle einheitlich zu sammeln und zu verarbeiten. Führende Unternehmen wie H.C. Starck haben geschlossene Recyclingsysteme entwickelt, die Abfälle direkt in Rohstoffe umwandeln und so den Ressourcenverbrauch deutlich reduzieren. Politische Unterstützung hat auch zur Entwicklung einer Kreislaufwirtschaft beigetragen, wie z. B. das chinesische Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft, das Unternehmen dazu ermutigt, Recyclingtechnologien einzuführen und die Verschwendung seltener Metalle zu reduzieren.

Das Recycling und Recycling von Abfällen senkt nicht nur die Produktionskosten, sondern stärkt auch das Image des Unternehmens in der sozialen Verantwortung. In Zukunft muss die Industrie die Recyclingtechnologien und -standards weiter verbessern, um die nachhaltige Nutzung der Molybdänressourcen zu fördern.

9.4 Internationaler technischer Austausch und Zusammenarbeit bei Molybdän-Spritzdraht

Der internationale technische Austausch und die internationale Zusammenarbeit sind die wichtigsten treibenden Kräfte für die Entwicklung der Molybdän-Spritzdrahtindustrie, die technologische Innovation, die Vereinheitlichung von Standards und die Globalisierung des Marktes fördert. Durch grenzüberschreitende Forschung und Entwicklung, Zusammenarbeit in der Industrie und internationale Konferenzen sind Industrien in der Lage, Ressourcen zu teilen, gemeinsame Probleme zu lösen und den technologischen Fortschritt voranzutreiben. In diesem Abschnitt werden die Aussichten für die Harmonisierung internationaler technischer Normen und die grenzüberschreitende Zusammenarbeit in den Bereichen Forschung, Entwicklung und Industrie untersucht.

9.4.1 Harmonisierung internationaler technischer Normen

Die Vereinheitlichung internationaler technischer Normen schafft die Grundlage für den weltweiten Handel und technischen Austausch von Molybdän-Spritzdraht und reduziert die technischen Barrieren, die durch Normunterschiede entstehen. Gegenwärtig werden die Normen für Molybdän-Spritzdraht hauptsächlich von ISO-, ASTM- und chinesischen GB/T-Systemen dominiert, aber es gibt Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung, den Prüfmethoden und den Anwendungsanforderungen zwischen den Normen, was sich auf die Kompatibilität der multinationalen Märkte auswirkt.

ISO-Normen wie ISO 14919 und ISO 20407 bilden das Herzstück der Harmonisierung internationaler technischer Normen und decken die Leistungsanforderungen an Draht und Beschichtungen für das Spritzen ab. Diese Standards wurden von Experten aus mehreren Ländern entwickelt und spiegeln den technischen Konsens der globalen Industrie wider. So legt beispielsweise die ISO 14919 Maßtoleranzen und Oberflächengüte für spritzbeschichteten

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Molybdändraht fest, der in der Europäischen Union, Nordamerika und im asiatisch-pazifischen Raum weithin anerkannt ist. In Zukunft wird die ISO den Geltungsbereich der Normen weiter ausbauen müssen, um Spezifikationen für neue Technologien (z. B. Kaltspritzen, Nanobeschichtung) aufzunehmen, um sie an die Entwicklungen in der Branche anzupassen.

ASTM-Standards wie ASTM B387-18 haben einen erheblichen Einfluss auf den nordamerikanischen Markt, und ihre hohen Genauigkeitsanforderungen eignen sich für High-End-Anwendungen wie die Luft- und Raumfahrt. Im Vergleich zum chinesischen GB/T-Standard hat ASTM strengere Spezifikationen für den Gehalt an Verunreinigungen und Nachweismethoden. Die Bemühungen um eine Harmonisierung von Normen erfordern die Harmonisierung von ISO und ASTM, um kompatiblere Spezifikationen zu entwickeln. So können beispielsweise ASTM und GB/T den grenzüberschreitenden Zertifizierungsprozess vereinfachen, indem sie die Prüfmethoden für die chemische Zusammensetzung und die mechanischen Eigenschaften von Molybdändraht durch bilaterale Abkommen über die gegenseitige Anerkennung harmonisieren.

Chinas Rolle bei der Festlegung internationaler Standards wächst. Inländische Unternehmen (z. B. Chinatungsten High-Tech) beteiligen sich aktiv an technischen ISO-Ausschüssen, um die Integration von GB/T-Normen (z. B. GB/T 4181-2017) mit internationalen Normen zu fördern. Die Vereinheitlichung von Standards fördert nicht nur den technischen Austausch, sondern stärkt auch die Wettbewerbsfähigkeit chinesischer Unternehmen auf dem Weltmarkt. In Zukunft muss die Industrie die multilaterale Zusammenarbeit stärken, die Überarbeitung und Förderung von Normen beschleunigen und einen weltweit einheitlichen technischen Rahmen für Molybdän-Spritzdraht schaffen.

9.4.2 Grenzüberschreitende FuE und industrielle Zusammenarbeit

Transnationale FuE und industrielle Zusammenarbeit sind ein wichtiger Weg, um die Molybdändrahttechnologie beim Sprühen von Molybdän zu innovieren, die die Entwicklung neuer Materialien und Verfahren durch den Austausch von Ressourcen und Know-how beschleunigt. Die Zusammenarbeit erfolgt in Form von gemeinsamen Laboratorien, Technologielizenzen, Industrieallianzen und internationalen Konferenzen.

Das gemeinsame Labor ist die zentrale Plattform für grenzüberschreitende Forschung und Entwicklung. So hat die Chinesische Akademie der Wissenschaften in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut in Deutschland ein gemeinsames Labor für thermische Spritztechnik aufgebaut, das sich auf die Erforschung molybdänbasierter Verbundschichten und der Kaltspritztechnologie konzentriert. Durch den Austausch von Geräten und Daten lösen diese Labore die technischen Herausforderungen der Hochtemperaturoxidation und des Temperaturwechselverhaltens von Molybdänbeschichtungen. Das Gemeinschaftslabor hat auch internationale Talente hervorgebracht und technische Reserven für die Entwicklung der Industrie geschaffen.

Die Lizenzierung von Technologien ist eine gängige Form der Zusammenarbeit in der Branche. Europäische Unternehmen haben die technologische Aufwertung des regionalen Marktes gefördert, indem sie die Produktionstechnologie für Molybdändraht an asiatische Unternehmen lizenziert

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

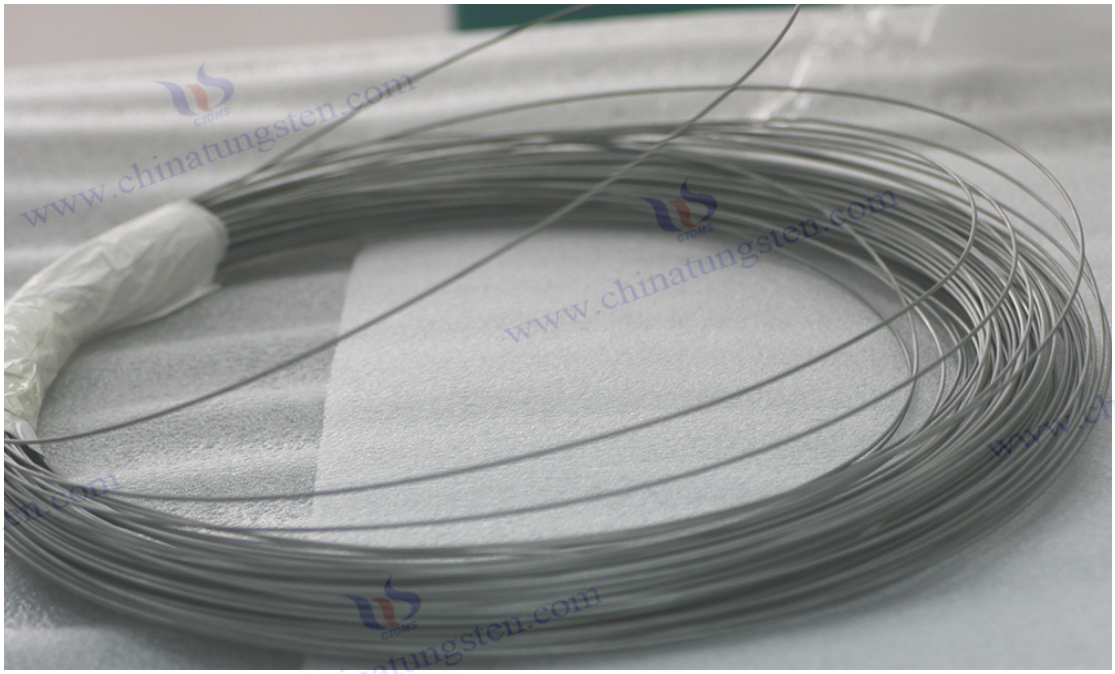
haben. Die Technologielizenzierung geht mit einer strengen Qualitätskontrolle einher, um sicherzustellen, dass die Leistung der lizenzierten Produkte den Standards entspricht. Dieses kollaborative Modell reduziert die Kosten für die Technologieverbreitung und erweitert gleichzeitig die Marktreichweite von Unternehmen.

Die Industrieallianz hat die großflächige Anwendung von Molybdän-Sprühdraht durch die Integration von Ressourcen der Industriekette gefördert. So bietet beispielsweise die International Thermal Spray Conference, die gemeinsam von der American Thermal Spray Society (ASM TSS) und der China National Thermal Spray Collaboration Group organisiert wird, eine Plattform für Unternehmen, um Technologien auszutauschen und sich mit dem Markt zu vernetzen. Die Allianz koordiniert auch die Zusammenarbeit von Rohstofflieferanten, Anlagenherstellern und Beschichtungsdienstleistern zur Optimierung der globalen Lieferkette.

Internationale Konferenzen und Ausstellungen, wie die ITSC International Thermal Spray Conference, sind wichtige Kanäle für den technischen Austausch, die Experten und Unternehmen aus der ganzen Welt zusammenbringen, um die neuesten Entwicklungen in der Molybdän-Spritzdrahttechnologie zu präsentieren. Die Konferenz ermöglichte grenzüberschreitende Kooperationsprojekte durch Fachvorträge, Seminare und Ausstellungen. So konzentrierte sich beispielsweise die ITSC-Konferenz 2024 auf intelligentes Sprühen und grüne Technologie und gab die Richtung für die zukünftige Entwicklung der Molybdändrahtindustrie auf.

Die Herausforderung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit in Forschung und Entwicklung sowie in der industriellen Zusammenarbeit liegt im Schutz des geistigen Eigentums und in den kulturellen Unterschieden. In Zukunft muss die Industrie einen transparenteren Kooperationsmechanismus einrichten, um die Interessen aller Parteien durch den Austausch von Patenten und die gemeinsame Einreichung von Patenten auszugleichen. Gleichzeitig die Talentausbildung und den kulturellen Austausch stärken, die Effizienz der Zusammenarbeit verbessern und die globale Entwicklung der Molybdän-Spritzdrahttechnologie fördern.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved



CTIA GROUP LTD Molybdän-Sprühdraht

Anhang

A. Glossar

Molybdän-Sprühdraht: Ein Material, bei dem hochreiner Molybdändraht als Rohstoff verwendet wird, um durch thermische Spritztechnologie eine funktionelle Beschichtung auf der Oberfläche des Substrats zu bilden.

Thermisches Spritzen : Der Prozess des Schmelzens oder Halbschmelzens eines Materials durch Hitze und das Aufsprühen auf die Oberfläche eines Substrats, um eine Beschichtung zu bilden.

Plasmaspritzen : Eine Hochtemperatur-Spritztechnologie, bei der die Plasmaflammenströmung als Wärmequelle genutzt wird.

Flammenspritzen : Ein Sprühverfahren, bei dem eine brennende Flamme als Wärmequelle verwendet wird.

Lichtbogenspritzen: Eine Technik, bei der Metalldrähte geschmolzen werden, indem sie Lichtbogen geschlagen und auf die Oberfläche eines Substrats gesprüht werden.

High-Velocity Oxy-Fuel Spraying (HVOF): Eine Sprühtechnologie, bei der Hochgeschwindigkeits-Verbrennungsgas zum Einspritzen von geschmolzenen Materialien verwendet wird.

Beschichtungshaftung: Die Festigkeit der Verbindung zwischen der Beschichtung und dem Substrat, die in der Regel durch Zug- oder Schertests bewertet wird.

Beschichtungsporosität: Das Volumenverhältnis der Poren in der Beschichtung, das die Leistung der Beschichtung beeinflusst.

Korrosionsbeständigkeit : Die Fähigkeit eines Materials, chemischer oder galvanischer Korrosion zu widerstehen.

Abriebfestigkeit : Die Fähigkeit der Oberfläche eines Materials, mechanischem Verschleiß zu widerstehen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Molybdänpulver : hochreine Molybdänpartikel, die durch chemische Reduktion oder physikalische Verfahren hergestellt werden.
Pulvermetallurgie: Der Prozess der Aufbereitung von Materialien durch Pressen und Sintern von Metallpulvern.
Drahtziehprozess : Der Prozess der Verarbeitung von Metallstangen zu Filamenten durch Ziehwerkzeuge.
Oberflächenaktivierung : Eine Behandlung, die die Oberflächenaktivität von Molybdändraht durch chemische oder physikalische Methoden verbessert.
Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA): Eine spektroskopische Analysetechnik, die zum Nachweis der elementaren Zusammensetzung von Materialien verwendet wird.
Rasterelektronenmikroskopie (REM): Eine Mikroskopietechnik zur Beobachtung der mikroskopischen Morphologie und Struktur von Materialien.
Energiespektroskopie (EDS): Eine Technik, die in Kombination mit REM verwendet wird, um die Elementverteilung von Materialien zu analysieren.
Wärmebehandlung : Der Prozess der Verbesserung der Eigenschaften eines Materials durch Steuerung des Heiz- und Abkühlprozesses.
Green Manufacturing: Eine Produktionsmethode mit dem Ziel der Energieeinsparung, Emissionsreduzierung und des Umweltschutzes.

B. Verweise

[1] Chinatungsten Online. Wolfram-Molybdän-Bibliothek.
[2] Chinesisches Wolfram. Gegründet 1986, alle zwei Monate.
[3] Institut für Metallforschung, Chinesische Akademie der Wissenschaften. Fortschritte bei der Forschung an Molybdän-basierten Beschichtungen.
[4] Praxair Surface Technologies. Broschüre zur thermischen Spritzbeschichtung.
[5] GB/T 4181-2017 Molybdändraht. Normungsverwaltung von China.
[6] GB/T 3462-2017 "Molybdänbarren und Molybdänrohlinge". Normungsverwaltung von China.
[7] ASTM B387-18 《Standardspezifikation für Stangen, Stangen und Drähte aus Molybdän und Molybdänlegierungen》. ASTM International.
[8] ISO 14919《Thermisches Spritzen - Drähte, Stäbe und Schnüre für das Flammen- und Lichtbogenspritzen》. Internationale Organisation für Normung.
[9] ISO 20407《Feinkeramik - Prüfverfahren für Grenzflächenzug- und Scherfestigkeit》. Internationale Organisation für Normung.
[10] Zeitschrift für Materialwissenschaft. Trends bei thermischen Spritzbeschichtungen.
[11] Oberflächen- und Beschichtungstechnik. Fortschritte beim Kaltspritzen und intelligenten Sprühsystemen.
[12] Internationale Konferenz über thermisches Spritzen (ITSC). Tagungsband 2024.
[13] ISO 9001:2015《Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen》. Internationale Organisation für Normung.
[14] ISO 14001:2015《Umweltmanagementsysteme - Anforderungen》. Internationale Organisation für Normung.
[15] EU-REACH-Verordnung. Europäische Chemikalienagentur.
[16] Chinesisches Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft. Nationale Entwicklungs- und

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Reformkommission.
[17] Institut für Metallforschung, Chinesische Akademie der Wissenschaften. Fortschritte bei der Forschung an Molybdän-basierten Beschichtungen.
[18] ASTM C633. Standardprüfverfahren für die Haftung oder Kohäsion von thermischen Spritzbeschichtungen.
[19] ISO 4287. Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Oberflächentextur.
[20] Zeitschrift für thermische Spritztechnologie. Molybdänbeschichtungen: Eigenschaften und Anwendungen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved