

Enzyklopädie der Yttrium-Wolframelektrode

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

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

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Verzeichnis

Kapitel 1 Einführung in Yttrium-Wolframelektroden

- 1.1 Definition und Hintergrund der Yttrium-Wolfram-Elektrode
 - 1.1.1 Chemische Zusammensetzung und Grundprinzip der Yttrium-Wolfram-Elektrode
 - 1.1.2 F&E-Geschichte und technologische Entwicklung von Yttrium-Wolframelektroden
 - 1.1.3 Der Aufstieg von Yttrium-Wolfram-Elektroden im Hochleistungsschweißen
- 1.2 Marktpositionierung von Yttrium-Wolframelektroden
 - 1.2.1 Vergleichende Analyse mit anderen Seltenerd-Wolframelektroden
 - 1.2.2 Weltmarktstatus und Aussichten für Yttrium-Wolframelektroden
 - 1.2.3 Einzigartige Vorteile von Yttrium-Wolframelektroden

Kapitel 2 Klassifizierung von Yttrium-Wolfram-Elektroden

- 2.1 Einteilung nach Yttriumoxid-Gehalt
 - 2.1.1 Leistung und Verwendung der 2 % Yttriumoxid-Elektrode (WY20)
 - 2.1.2 Entwicklung von kundenspezifischen Elektroden mit Yttriumoxidgehalt
- 2.2 Klassifizierung nach Schweißverfahren
 - 2.2.1 Yttrium-Wolframelektrode für das WIG-Schweißen
 - 2.2.2 Elektroden für das Plasma-Lichtbogenschweißen und -schneiden
 - 2.2.3 Elektroden für spezielle Verfahren (Vakuumschweißen, Mikroschweißen)
- 2.3 Einteilung nach Form und Spezifikation
 - 2.3.1 Standard-Stabelektrode (Durchmesser- und Längenangaben)
 - 2.3.2 Mikronadelelektroden (für Ultrapräzisionsschweißen)
 - 2.3.3 Nicht standardmäßige kundenspezifische Elektroden (speziell geformtes Design und Anwendung)
- 2.4 Klassifizierung nach Anwendungsumgebung
 - 2.4.1 Schweißelektroden in Hochtemperaturumgebungen
 - 2.4.2 Vakuum- und Inertgas-Umweltelektroden
 - 2.4.3 Spezialelektroden für korrosive Umgebungen
- 2.5 Normen und Identifizierungsspezifikationen
 - 2.5.1 Klassifizierung und Farbskalen in internationalen Normen (ISO 6848, AWS A5.12)
 - 2.5.2 Klassifizierung und Identifizierung in nationalen Normen (GB/T 4192)
 - 2.5.3 Verpackungs- und Kennzeichnungsvorschriften für Yttrium-Wolframelektroden

Kapitel 3 Leistungsmerkmale von Yttrium-Wolfram-Elektroden

- 3.1 Physikalische Eigenschaften von Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 3.1.1 Hoher Schmelzpunkt und hohe Temperaturstabilität von Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 3.1.2 Dichte, Härte und Verformungsbeständigkeit von Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 3.1.3 Wärmeleitfähigkeit und Wärmeausdehnungseigenschaften von Yttrium-Wolfram-Elektroden
- 3.2 Chemische Eigenschaften von Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 3.2.1 Chemische Stabilität von Yttriumoxid bei hohen Temperaturen
 - 3.2.2 Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit von Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 3.2.3 Chemisches Verhalten von Yttrium-Wolfram-Elektroden in speziellen Umgebungen

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

- 3.3 Elektrische Eigenschaften von Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 3.3.1 Elektronenaustrittsarbeit und Lichtbogenleistung der Yttrium-Wolframelektrode
 - 3.3.2 Lichtbogenstabilität der Yttrium-Wolframelektrode bei hoher Stromdichte
 - 3.3.3 Leitfähigkeit und thermionisches Emissionsvermögen von Yttrium-Wolfram-Elektroden
- 3.4 Mechanische Eigenschaften von Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 3.4.1 Hochtemperatur-Kriechbeständigkeit der Yttrium-Wolframelektrode
 - 3.4.2 Verschleißfestigkeit der Elektrodenspitze der Yttrium-Wolfram-Elektrode
 - 3.4.3 Analyse der geringen Brennverlusteigenschaften und der Lebensdauer von Yttrium-Wolfram-Elektroden
- 3.5 Sicherheits- und Umweltschutzeigenschaften von Yttrium-Wolframelektroden
 - 3.5.1 Die Vorteile der Nicht-Radioaktivität und der geringen Toxizität von Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 3.5.2 Umweltverträglichkeits- und Nachhaltigkeitsbewertung von Yttrium-Wolframelektroden
 - 3.5.3 Arbeitsschutzvorschriften für Yttrium-Wolframelektroden
- 3.6 China Wolfram Intelligent Manufacturing Yttrium Wolframelektrode Sicherheitsdatenblatt

Kapitel 4 Herstellungsprozess und Technologie der Yttrium-Wolframelektrode

- 4.1 Aufbereitung von Rohstoffen für Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 4.1.1 Siebung und Aufbereitung von hochreinem Wolframpulver
 - 4.1.2 Reinigung und Qualitätskontrolle von Yttriumoxid
 - 4.1.3 Auswahl und Optimierung von Hilfsadditiven
- 4.2 Pulvermetallurgischer Prozess der Yttrium-Wolframelektrode
 - 4.2.1 Misch- und Dotierungstechnik von Yttrium-Wolframpulver
 - 4.2.2 Hochdruckumformung und isostatischer Pressprozess
 - 4.2.3 Hochtemperaturesintern und Atmosphärenregelung (Wasserstoff, Vakuumsintern)
- 4.3 Verarbeitung und Veredelung von Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 4.3.1 Heißkalandrieren und Präzisionsziehen
 - 4.3.2 Oberflächenpolieren und Spitzenformen
 - 4.3.3 Elektrodenschneiden und kundenspezifische Verarbeitung
- 4.4 Qualitätskontrolltechnologie von Yttrium-Wolframelektroden
 - 4.4.1 Kontrolle der Gleichmäßigkeit der Yttriumoxid-Verteilung
 - 4.4.2 Gefügeanalyse (REM, EDS, XRD)
 - 4.4.3 Optimierung der Prozessparameter und Fehlervermeidung
- 4.5 Fortschrittliche Fertigungstechnologie der Yttrium-Wolframelektrode
 - 4.5.1 Nanoskalige Yttriumoxid-Dotierungstechnologie
 - 4.5.2 Prozess des Entladungsplasma-Sinterns (SPS)
 - 4.5.3 Intelligente Fertigung und Echtzeit-Überwachungstechnik

Kapitel 5 Anwendungsgebiete von Yttrium-Wolfram-Elektroden

- 5.1 Schweißanwendungen von Yttrium-Wolframelektroden
 - 5.1.1 Anwendung des WIG-Schweißens (Argon-Lichtbogenschweißen) in Superlegierungen
 - 5.1.2 Hochpräzise Anwendungen des Plasma-Lichtbogenschweißens
 - 5.1.3 Schweißen von Titanlegierungen mit Nickelbasislegierungen in Vakuumumgebung

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

- 5.2 Nicht-schweißende Anwendungen von Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 5.2.1 Plasmaschneiden und -spritzen
 - 5.2.2 Elektrodenanwendungen in der Funkenerosion (EDM)
 - 5.2.3 Anwendung in Hochtemperatur-Entladegeräten
- 5.3 Anwendung der Yttrium-Wolframelektrode in der Industrie
 - 5.3.1 Luft- und Raumfahrt (Triebwerkskomponenten, Turbinenschaufeln)
 - 5.3.2 Verteidigungs- und Rüstungsindustrie (Panzermaterialien, Raketenkomponenten)
 - 5.3.3 Energiewirtschaft (Kernkraftwerke, Gasturbinen)
 - 5.3.4 Herstellung von Halbleitern und Mikroelektroniken
- 5.4 Typische Fallanalyse von Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 5.4.1 Schweißen von Strukturteilen aus Titanlegierungen für die Luftfahrt
 - 5.4.2 Reparatur von Superlegierungen und Oberflächenverstärkung
 - 5.4.3 Schweißen von Präzisionsbauteilen im Vakuum

Kapitel 6 Produktionsanlagen für Yttrium-Wolfram-Elektroden

- 6.1 Ausrüstung zur Vorbereitung von Rohstoffen für Yttrium-Wolframelektroden
 - 6.1.1 Wolframpulver-Mahl- und Partikelgrößensortiergeräte
 - 6.1.2 Geräte zur Reinigung und Nanokonservierung von Yttriumoxid
- 6.2 Pulvermetallurgische Ausrüstung für Yttrium-Wolframelektroden
 - 6.2.1 Hochpräzises Misch- und Dotierungssystem
 - 6.2.2 Kaltisostatisches Pressen und Heißpressen
 - 6.2.3 Hochtemperatur-Vakuum-Sinterofen und Atmosphärenofen
- 6.3 Verarbeitungs- und Umformanlagen für Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 6.3.1 Präzisionskalandrier- und Ziehmaschine
 - 6.3.2 CNC-Schleif- und Poliergeräte
 - 6.3.3 Laserschneid- und Elektrodenformungsgeräte
- 6.4 Inspektions- und Qualitätsüberwachungsgeräte für Yttrium-Wolframelektroden
 - 6.4.1 Geräte zur Analyse der chemischen Zusammensetzung (ICP-MS, RFA)
 - 6.4.2 Geräte für Mikrostruktur- und Morphologieanalytik (REM, TEM)
 - 6.4.3 Leistungsprüfgeräte (Lichtbogenstabilität, Burnout-Rate-Tester)
- 6.5 Intelligente Produktionsanlagen für Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 6.5.1 Automatisierte Produktionslinien und Industrieroboter
 - 6.5.2 Online-Qualitätsüberwachungs- und Datenanalysesystem

Kapitel 7 In- und ausländische Normen für Yttrium-Wolfram-Elektroden

- 7.1 Internationaler Standard für Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 7.1.1 ISO 6848: Klassifizierung und technische Anforderungen an Wolframelektroden
 - 7.1.2 AWS A5.12: Spezifikationen und Leistung von Wolframelektroden
 - 7.1.3 EN 26848: Europäische Norm für Wolframelektroden
- 7.2 Inländische Normen für Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 7.2.1 GB/T 4192: Technische Bedingungen für Wolframelektroden
 - 7.2.2 JB/T 12706: Norm für Wolframelektroden zum Schweißen
 - 7.2.3 Branchenspezifische Normen und Spezifikationen

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

- 7.3 Standardvergleich und Anwendung der Yttrium-Wolframelektrode
 - 7.3.1 Unterschiede und Anwendbarkeit in- und ausländischer Normen
 - 7.3.2 Die leitende Rolle von Normen im Produktionsprozess
 - 7.3.3 Die normative Rolle von Normen auf Anwendungsszenarien
- 7.4 Standard-Entwicklungstrend der Yttrium-Wolfram-Elektrode
 - 7.4.1 Die Auswirkungen neuer Werkstoffe und Verfahren auf Normen
 - 7.4.2 Aktualisierungen der Umweltschutz- und Sicherheitsnormen

Kapitel 8 Detektionstechnologie der Yttrium-Wolframelektrode

- 8.1 Nachweis der chemischen Zusammensetzung von Yttrium-Wolframelektroden
 - 8.1.1 Genaue Messung des Yttriumoxidgehalts
 - 8.1.2 Verunreinigungselemente und Spurenanalytik
 - 8.1.3 Feststellung der Gleichmäßigkeit der Komponentenverteilung
- 8.2 Physikalische Eigenschaften von Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 8.2.1 Prüfung der Dichte, Härte und mechanischen Eigenschaften
 - 8.2.2 Prüfung der Oberflächengüte und Maßhaltigkeit
 - 8.2.3 Prüfung der physikalischen Eigenschaften bei hohen Temperaturen
- 8.3 Erkennung der elektrischen Eigenschaften der Yttrium-Wolframelektrode
 - 8.3.1 Elektronenausstrittsarbeit und thermionische Emissionsprüfung
 - 8.3.2 Lichtbogeninitiierungsleistung und Lichtbogenstabilitätstest
 - 8.3.3 Burnout-Rate-Test unter Hochstrombedingungen
- 8.4 Gefügedetektion von Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 8.4.1 Analyse der Kornstruktur und -größe
 - 8.4.2 Verteilung und Phasenanalyse von Yttriumoxid-Partikeln
 - 8.4.3 Erkennung von internen Defekten (Risse, Porositäten)
- 8.5 Umwelt- und Sicherheitsprüfung von Yttrium-Wolframelektroden
 - 8.5.1 Zertifizierung als nicht-radioaktiv
 - 8.5.2 Umweltverträglichkeitsprüfung und Recyclingfähigkeit
 - 8.5.3 Prüfung des Arbeitsschutzes
- 8.6 Prüftechnik und Ausrüstung der Yttrium-Wolframelektrode
 - 8.6.1 Gemeinsame Prüfinstrumente und -grundsätze
 - 8.6.2 Fortschrittliche Detektionstechnologien (KI-gestützt, In-situ-Analyse usw.)

Kapitel 9 Häufige Probleme und Lösungen für Anwender von Yttrium-Wolframelektroden

- 9.1 Mögliche Ursachen für die Lichtbogeninstabilität von Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 9.1.1 Unsachgemäße Geometrie der Elektrodenspitze
 - 9.1.2 Probleme bei der Einstellung des Stromtyps und der Parametrierung
 - 9.1.3 Unzureichende Qualität oder Durchflussmenge des Schutzgases
 - 9.1.4 Verschmutzung oder Oxidation der Elektrodenoberfläche
- 9.2 Ursachen und Gegenmaßnahmen für das schnelle Abbrennen von Yttrium-Wolfram-Elektrodenspitzen
 - 9.2.1 Übermäßiger Strom oder falsche Polaritätswahl
 - 9.2.2 Optimieren Sie den Schleifwinkel und die Oberflächenbehandlung der Spitze

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

- 9.2.3 Art und Durchflussmenge des Schutzgases einstellen
- 9.2.4 Elektrode durch einen höheren Yttriumoxid-Gehalt ersetzen
- 9.3 So wählen Sie den geeigneten Yttriumoxid-Gehalt aus
 - 9.3.1 Auswahl nach dem Schweißmaterial (Titanlegierung, Nickelbasislegierung usw.)
 - 9.3.2 Abstimmung von Stromart und -intensität
 - 9.3.3 Auswahl unter besonderer Umgebung (Vakuum, hohe Temperatur)
 - 9.3.4 Bilanzanalyse von Leistung und Kosten
- 9.4 Gegenmaßnahmen für die Schwierigkeit der Lichtbogenbildung von Yttrium-Wolframelektroden
 - 9.4.1 Überprüfen Sie die Oberflächenreinheit und den Spitzenstatus der Elektroden
 - 9.4.2 Optimieren der Parameter für den Start des hochfrequenten Lichtbogens
 - 9.4.3 Einstellen des Abstands zwischen Elektrode und Werkstück
 - 9.4.4 Elektrode austauschen oder Stabilität der Stromversorgung prüfen
- 9.5 Yttrium-Wolfram gemischt mit anderen Wolframelektroden
 - 9.5.1 Auswirkungen des Mischens auf die Lichtbogenleistung
 - 9.5.2 Probleme mit Elektrodenverlusten durch Mischen
 - 9.5.3 Vorschläge zur Elektrodenidentifikation und -verwaltung
 - 9.5.4 Substitutionsanalytik von Yttrium-Wolframelektroden

Kapitel 10 Künftiger Entwicklungstrend der Yttrium-Wolfram-Elektrode

- 10.1 Technologische Innovationsrichtung der Yttrium-Wolframelektrode
 - 10.1.1 Neue Seltenerd-Komposit-Dopingtechnologie
 - 10.1.2 Forschung und Entwicklung von Ultrahochtemperatur- und Ultrapräzisionselektroden
 - 10.1.3 Umweltfreundliche Fertigung und kohlenstoffarme Produktionstechnologie
- 10.2 Erweiterung der Anwendungsbereiche von Yttrium-Wolfram-Elektroden
 - 10.2.1 Herstellung neuer Energieanlagen (Batterien, Windkraft)
 - 10.2.2 Vertiefung von Anwendungen in den Bereichen Luft- und Raumfahrt und Verteidigung
 - 10.2.3 Präzisionsschweißen in der Mikroelektronik- und Halbleiterindustrie
- 10.3 Markt- und Politiktrends von Yttrium-Wolframelektroden
 - 10.3.1 Prognose der globalen Nachfrage nach Yttrium-Wolframelektroden
 - 10.3.2 Die Auswirkungen der Ressourcenpolitik für Seltene Erden auf die Produktion
 - 10.3.3 Internationaler Handel und Optimierung der Lieferkette

Anhang

- A. Glossar
- B. Verweise

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Kapitel 1 Einführung in Yttrium-Wolframelektroden

1.1 Definition und Hintergrund der Yttrium-Wolframelektrode

1.1.1 Chemische Zusammensetzung und Grundprinzip der Yttrium-Wolfram-Elektrode

Yttrium-Wolfram-Elektrode ist eine Hochleistungs-Seltenerd-Wolframelektrode, die hauptsächlich mit einer angemessenen Menge an Yttriumoxid (Y_2O_3) in einer hochreinen Wolframmatrix dotiert ist. Die übliche Industriequalität ist WY20, und das charakteristische Logo ist eine blaue Beschichtung. Diese Elektrode vereint die physikalisch-chemischen Eigenschaften von Wolframmetall und Yttriumoxid und ist damit ein wichtiges Verbrauchsmaterial beim Wolfram-Argon-Lichtbogenschweißen (WIG-Schweißen). Die chemische Zusammensetzung von Yttrium-Wolfram-Elektroden umfasst hauptsächlich hochreines Wolfram (W, ca. 98 % 99,5 %) und eine geringe Menge Yttriumoxid (Y_2O_3 , normalerweise 1,8 % bis 2,2 %), das manchmal Spuren anderer Verunreinigungen enthalten kann, aber diese Verunreinigungen werden streng kontrolliert, um die Leistungsstabilität zu gewährleisten.

Als Übergangsmetall hat Wolfram einen extrem hohen Schmelzpunkt (3422 °C), eine ausgezeichnete elektrische und thermische Leitfähigkeit sowie eine chemische Inertheit, was es zu einer idealen Wahl für Elektrodenmaterialien macht. Reine Wolframelektroden haben jedoch Probleme wie einen geringen Elektronenemissionswirkungsgrad und einen leichten Bruch beim Hochtemperaturschweißen. Die Dotierung von Yttriumoxid verbesserte diese Mängel signifikant. Yttriumoxid ist ein Arbeitsmaterial mit niedrigem Elektronenaustritt, und seine Elektronenaustrittsarbeit beträgt etwa 2,5 ~ 2,7 eV, was viel niedriger ist als die 4,5 eV von reinem Wolfram. Dadurch können Yttrium-Wolframelektroden bei niedrigeren Spannungen einen Lichtbogen erzeugen und eine hervorragende Lichtbogeninitiierungsleistung aufweisen. Darüber hinaus erhöht die Zugabe von Yttriumoxid die Rekristallisationstemperatur der Elektrode (in der Regel über 2000 °C), wodurch die Beständigkeit gegen Hochtemperaturverformung erhöht und die Ausbrandrate verringert wird.

Vom Grundprinzip her wird die Yttrium-Wolframelektrode als nicht abschmelzende Elektrode beim WIG-Schweißen verwendet, hauptsächlich zur Erzeugung eines stabilen Lichtbogens, zum Erhitzen und Schmelzen des Werkstücks und des Füllmaterials. Sein Funktionsprinzip basiert auf thermionischer Emission: Wenn die Elektrode durch eine Hochfrequenz- oder Gleichstromquelle angeregt wird, aktivieren Yttriumoxid-Partikel in der Wolframmatrix die Elektronenemission und bilden einen Hochtemperaturlichtbogen (Temperatur bis zu 6000~7000°C). Die Stabilität des Lichtbogens beruht auf der schlanken und hohen Kompression der Lichtbogensäule der Yttrium-Wolframelektrode, die ihr eine große Eindringtiefe bei mäßigen bis hohen Stromverhältnissen verleiht, wodurch sie sich besonders für hochpräzises Schweißen eignet.

Zu den physikalisch-chemischen Eigenschaften von Yttrium-Wolfram-Elektroden gehören auch ein hoher Elastizitätsmodul (ca. 410 GPa), eine gute Korrosionsbeständigkeit und Oxidationsbeständigkeit. Diese Eigenschaften gewährleisten die Langzeitstabilität der Elektrode in anspruchsvollen Umgebungen, wie z. B. hohen Temperaturen, hoher Luftfeuchtigkeit oder korrosiven Gasen. Darüber hinaus sind die Leitfähigkeit von Yttrium-Wolfram-Elektroden (der

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

spezifische Widerstand beträgt ca. $5,6 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{nm}$) und die Wärmeleitfähigkeit (ca. $174 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) besser als bei anderen Seltenerd-Wolframelektroden, was sie beim Hochleistungsschweißen überlegen macht.

1.1.2 F&E-Geschichte und technologische Entwicklung von Yttrium-Wolframelektroden

Die Entwicklung der Yttrium-Wolfram-Elektroden entstand aus der Nachfrage nach Hochleistungs-Schweißwerkstoffen Mitte bis Ende des 20. Jahrhunderts. Wolframelektroden wurden zunächst in Form von reinem Wolfram für das WIG-Schweißen eingesetzt, aber ihre Grenzen wurden nach und nach aufgedeckt, insbesondere im Zusammenhang mit den steigenden Anforderungen an die Schweißqualität in der Luft- und Raumfahrt und Militärindustrie. In den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts wurden Thoriumwolframelektroden (dotiertes Thoriumoxid, ThO_2) aufgrund ihrer hervorragenden Elektronenemissionseigenschaften zum Mainstream, aber die Radioaktivität von Thorium warf Sicherheits- und Umweltschutzfragen auf, was die Forscher dazu veranlasste, nach alternativen Materialien zu suchen.

In den 1970er Jahren wurden Seltenerdoxide (wie Lanthanoxid, Ceroxid, Yttriumoxid) in die Dotierungsuntersuchung von Wolframelektroden eingeführt. Yttriumoxid ist aufgrund seiner geringen Elektronenfluchtarbeit und seiner hohen chemischen Stabilität aufgefallen. Die frühe Forschung und Entwicklung von Yttrium-Wolframelektroden konzentrierte sich vor allem auf die Optimierung von Dotierungsverhältnissen und Produktionsprozessen. In den 1980er Jahren begannen einige Forschungseinrichtungen in den Vereinigten Staaten und Europa mit Yttriumoxid in Wolframmatrix zu experimentieren und stellten fest, dass dies die Lichtbogenleistung und Haltbarkeit von Elektroden erheblich verbessern kann. Im Jahr 1985 kam die erste kommerzielle Yttrium-Wolframelektrode (WY20) auf den Markt, die hauptsächlich für das Präzisionsschweißen in der Luft- und Raumfahrt verwendet wird.

Im 21. Jahrhundert wurde mit Fortschritten in der Materialwissenschaft und Fertigungstechnologie der Produktionsprozess von Yttrium-Wolframelektroden erheblich optimiert. Das traditionelle pulvermetallurgische Verfahren wurde verbessert, und die Anwendung der Sprühdotierungstechnologie und des Hochtemperatur-Sinterverfahrens hat die Verteilung von Yttriumoxid in der Wolframmatrix gleichmäßiger gemacht. Moderne Produktionsverfahren umfassen beispielsweise häufig folgende Schritte: Sprühen von wässriger Yttriumnitratlösung in das Ammoniumparawolframat oder Wolframtrioxid in den Rohstoffen, Wolfram-Yttrium-Beschichtungspulver wird nach dem Trocknen gebildet; Einheitliches Wolfram-Yttrium-Pulver wird durch zwei Reduktionen erhalten; Anschließend wird es gepresst, gesintert bei hoher Temperatur (ca. $2800 \text{ }^\circ\text{C}$) und in mehreren Durchgängen geschmiedet, um feinkörnige Yttrium-Wolfram-Elektrodenrohlinge mit hoher Dichte herzustellen. Diese Prozessverbesserungen reduzieren interne Elektrodendefekte, verbessern die mechanischen Eigenschaften und die Lichtbogenstabilität.

In den letzten Jahren hat China erhebliche Fortschritte auf dem Gebiet der Forschung und Entwicklung von Yttrium-Wolframelektroden erzielt. So hat ein inländisches Unternehmen eine Multikomposit-Wolframelektrode (WX4) entwickelt und ein nationales Erfindungspatent erhalten.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Diese Elektrode hat Durchbrüche bei der Optimierung des Dotierungsprozesses und der Leistungsoptimierung erzielt und wird häufig in Hochleistungsschweißszenarien eingesetzt. Darüber hinaus verlagert sich der Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkt von Yttrium-Wolframelektroden weltweit allmählich in Richtung Umweltschutz und Kosteneffizienz, mit dem Ziel, nicht-radioaktive und kostengünstige alternative Materialien zu entwickeln.

1.1.3 Der Aufstieg von Yttrium-Wolfram-Elektroden im Hochleistungsschweißen

Der Aufstieg von Yttrium-Wolfram-Elektroden im Hochleistungsschweißen steht in engem Zusammenhang mit der Entwicklung der Luft- und Raumfahrt, der Militärindustrie und der High-End-Fertigung. Diese Bereiche erfordern eine hohe Festigkeit, Präzision und Zuverlässigkeit von Schweißverbindungen, und Yttrium-Wolframelektroden sind aufgrund ihrer hervorragenden Lichtbogeneigenschaften und ihrer geringen Ausbrennrate das Material der Wahl.

In der Luft- und Raumfahrt werden Yttrium-Wolframelektroden häufig zum Schweißen von Titanlegierungen, Edelstählen und Superlegierungen verwendet. So ist beispielsweise bei der Herstellung von Triebwerksschaufeln eine extrem hohe Schweißgenauigkeit erforderlich, und die schlanke Lichtbogensäule und das Tiefschmelzvermögen der Yttrium-Wolframelektroden sorgen für die Gleichmäßigkeit und Festigkeit der Schweißnaht. In der Militärindustrie werden Yttrium-Wolframelektroden zum Schweißen von gepanzerten Stahlplatten und Raketengranaten verwendet, und ihr stabiler Lichtbogen und ihre niedrige Ausbrennrate können die hohen Zuverlässigkeitsanforderungen komplexer Strukturen erfüllen. Darüber hinaus werden Yttrium-Wolframelektroden in der Nuklearindustrie und im Bau von Energieanlagen aufgrund ihrer Korrosionsbeständigkeit und Hochtemperaturstabilität zum Schweißen kritischer Komponenten wie Reaktordruckbehälter verwendet.

Der Aufstieg der Yttrium-Wolfram-Elektroden ist auch auf die Fortschritte in der WIG-Schweißtechnologie zurückzuführen. Moderne WIG-Schweißgeräte bieten eine präzise Stromregelung und Hochfrequenz-Lichtbogenfunktionen, die den Eigenschaften von Yttrium-Wolframelektroden sehr nahe kommen. Darüber hinaus treibt die Popularität des automatisierten und robotergestützten Schweißens die Nachfrage nach Yttrium-Wolframelektroden weiter an, da ihre hohe Stabilität und lange Lebensdauer die Produktionskosten erheblich senken.

1.2 Marktpositionierung von Yttrium-Wolfram-Elektroden

1.2.1 Vergleichende Analyse mit anderen Seltenerd-Wolframelektroden

Als eine Art Seltenerd-Wolframelektrode unterscheidet sich die Yttrium-Wolfram-Elektrode in Leistung und Anwendung erheblich von der Thorium-Wolfram-Elektrode (WT20), der Lanthan-Wolfram-Elektrode (WL20) und der Cer-Wolfram-Elektrode (WC20). Hier ist eine vergleichende Analyse mehrerer Elektroden:

Thorium-Wolfram-Elektrode (WT20)

Chemische Zusammensetzung: Dotiert mit 2% Thoriumoxid (ThO_2), rote Beschichtung.

Vorteile: Starke Elektronenemissionsfähigkeit, hervorragende Lichtbogenleistung, geeignet für Hochstromschweißen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Nachteile: Thoroxid ist radioaktiv und kann bei längerer Nutzung Gesundheit und Umwelt schädigen, was eine spezielle Lager- und Schutzausrüstung erfordert.

Anwendung: Hauptsächlich für das Gleichstromschweißen verwendet, geeignet für Kohlenstoffstahl und Edelstahl, aber aufgrund von Umweltproblemen nur eingeschränkt verwendet.

Lanthan-Wolfram-Elektrode (WL20)

Chemische Zusammensetzung: dotiert mit 1,5% ~ 2% Lanthanoxid (La_2O_3), blauer Beschichtungskopf.

Vorteile: Keine Radioaktivität, gute Lichtbogeneinleitungsleistung, hohe Lichtbogenstabilität, geeignet für AC- und DC-Schweißen.

Nachteile: Die Ausbrennrate ist bei hohen Strömen etwas höher als bei Yttrium-Wolframelektroden und die Haltbarkeit ist etwas geringer.

Anwendung: Weit verbreitet beim AC-Schweißen von Aluminiumlegierungen und Magnesiumlegierungen, geeignet für automatisiertes Schweißen.

Cer-Wolfram-Elektrode (WC20)

Chemische Zusammensetzung: Dotiert mit 2% Ceroxid (CeO_2), graue Beschichtung.

Vorteile: Keine Radioaktivität, hervorragende Lichtbogenleistung bei niedrigem Strom, geeignet für das Schweißen von dünnen Blechen.

Nachteile: Die Lichtbogenstabilität ist bei hohen Strömen schlecht und die hohe Temperaturbeständigkeit ist nicht so gut wie bei der Yttrium-Wolframelektrode.

Anwendungen: Geeignet für Präzisionsschweißen mit geringer Leistung, wie z. B. elektronische Komponenten und dünnwandige Rohre.

Yttrium-Wolfram-Elektrode (WY20)

Chemische Zusammensetzung: dotiert mit 2% Yttriumoxid (Y_2O_3), blaue Beschichtungsspitze.

Vorteile: nicht radioaktiv, schneller Lichtbogen, stabiler Lichtbogen, niedrige Ausbrennrate, geeignet für das Tiefschmelzen mit mittlerem und hohem Strom.

Nachteile: etwas höhere Produktionskosten und schwierigere Verarbeitung.

Anwendung: Weit verbreitet in der Luft- und Raumfahrt- und Militärindustrie, geeignet für Kohlenstoffstahl, Edelstahl, Kupfer, Aluminium und andere Materialien.

Aus Sicht des Leistungsvergleichs sind Yttrium-Wolfram-Elektroden in Bezug auf die umfassende Leistung besser als andere Seltenerd-Wolframelektroden, insbesondere in Hochstrom-Tiefschmelzschweißszenarien. Seine nicht-radioaktive Beschaffenheit macht es zu einer idealen Alternative zu Thorium-Wolfram-Elektroden, die im Vergleich zu Lanthan-Wolfram- und Cer-Wolfram-Elektroden Vorteile in Bezug auf die Haltbarkeit bei hohen Temperaturen und die Lichtbogenstabilität haben.

1.2.2 Weltmarktstatus und Aussichten für Yttrium-Wolfram-Elektroden

Der globale Wolframelektrodenmarkt wird von China dominiert, da Chinas Wolframvorkommen mehr als 70 % der weltweiten Ressourcen ausmachen und die Jahresproduktion mehr als 80 % der Weltproduktion ausmacht. Chinesische Unternehmen nehmen eine führende Position in der

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Forschung und Entwicklung sowie in der Produktion von Yttrium-Wolframelektroden ein. Darüber hinaus haben die Vereinigten Staaten, Europa und Japan einen erheblichen Einfluss auf den Markt für Wolframelektroden, insbesondere bei High-End-Anwendungen.

Laut Marktforschung betrug die globale Marktgröße für Wolframelektroden im Jahr 2020 etwa 500 Millionen US-Dollar und wird bis 2030 voraussichtlich mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (CAGR) von etwa 4,5 % wachsen. Luft- und Raumfahrt, Militärindustrie und der Bau neuer Energieanlagen sind die wichtigsten Wachstumstreiber. So treibt beispielsweise das schnelle Wachstum des globalen Luft- und Raumfahrtmarktes, der bis 2030 voraussichtlich 1,2 Billionen US-Dollar erreichen wird, die Nachfrage nach Hochleistungsschweißmaterialien direkt an.

In Bezug auf die regionalen Märkte ist der asiatisch-pazifische Raum (insbesondere China und Indien) mit einem Anteil von mehr als 50 % am Weltmarkt der größte Verbrauchermarkt für Yttrium-Wolframelektroden. Der nordamerikanische und europäische Markt konzentriert sich auf High-End-Anwendungen, wobei der Schwerpunkt auf der Präzision und Zuverlässigkeit von Elektroden liegt. In Zukunft wird mit der Verschärfung der Umweltvorschriften und dem Ausstieg aus Thoriumwolframelektroden erwartet, dass die Marktnachfrage nach Yttriumwolframelektroden weiter steigen wird. Darüber hinaus hat das Aufkommen neuer Technologien wie die additive Fertigung (3D-Druck) und das Laser-WIG-Verbundschweißen auch neue Anwendungsszenarien für Yttrium-Wolframelektroden eröffnet.

Der Markt für Yttrium-Wolframelektroden steht jedoch auch vor Herausforderungen. Hohe Produktionskosten und schwankende Rohstoffpreise sind die Haupthemmnisse. Darüber hinaus bevorzugen einige Entwicklungsländer nach wie vor die Verwendung von Thorium-Wolfram-Elektroden mit geringeren Kosten, was die Popularität von Yttrium-Wolfram-Elektroden kurzfristig hemmen kann. Langfristig wird erwartet, dass Yttrium-Wolframelektroden mit der Steigerung des Umweltbewusstseins und der Optimierung der Produktionsprozesse weltweit einen größeren Marktanteil einnehmen werden.

1.2.3 Einzigartige Vorteile von Yttrium-Wolfram-Elektroden

Die einzigartigen Vorteile von Yttrium-Wolfram-Elektroden spiegeln sich in folgenden Aspekten wider:

Hervorragende Lichtbogenleistung: Die Lichtbogensäule der Yttrium-Wolframelektrode ist schlank und stark komprimiert, wodurch sie für das Tiefschweißen bei mittleren bis hohen Strömen geeignet ist. Die Anlaufspannung des Lichtbogens ist niedrig (ca. 10 ~ 15 V), der Lichtbogen zündet schnell und die Stabilität ist hoch, wodurch er für hochpräzises Schweißen geeignet ist.

Niedrige Ausbrandrate: Die Dotierung von Yttriumoxid erhöht die Rekristallisationstemperatur, so dass sich die Elektrode bei hohen Temperaturen nicht leicht verformen oder ausbrennen lässt, und die Lebensdauer ist etwa 30% ~ 50% länger als die von reinen Wolframelektroden.

Umweltfreundlich und nicht radioaktiv: Im Vergleich zu Thorium-Wolfram-Elektroden enthalten

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Yttrium-Wolfram-Elektroden keine radioaktiven Substanzen, was modernen Umweltschutz- und Sicherheitsstandards entspricht und die Gesundheitsrisiken für die Bediener reduziert.

Breite Materialanpassungsfähigkeit: Yttrium-Wolframelektroden eignen sich zum Schweißen verschiedener Metalle wie Kohlenstoffstahl, Edelstahl, Kupfer, Aluminium und Titanlegierungen und eignen sich daher für eine Vielzahl von Schweißszenarien von dünnen bis hin zu dicken Blechen.

Hohe Zuverlässigkeit: In der Luft- und Raumfahrt und im Militär sorgen Yttrium-Wolframelektroden für eine hohe Festigkeit und Konsistenz der Schweißnähte und erfüllen anspruchsvolle Qualitätsanforderungen.

Diese Vorteile machen Yttrium-Wolfram-Elektroden im Bereich des High-End-Schweißens unersetzlich, insbesondere in Szenarien mit hohen Anforderungen an die Schweißqualität und den Umweltschutz.



Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. Procurement Information

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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Kapitel 2 Klassifizierung von Yttrium-Wolfram-Elektroden

Als leistungsstarke, nicht abschmelzbare Elektrode wird die Yttrium-Wolframelektrode aufgrund ihrer hervorragenden Lichtbogenstabilität, ihrer niedrigen Ausbrennrate und ihrer nicht-radioaktiven Eigenschaften häufig beim Wolfram-Argon-Lichtbogenschweißen (WIG), beim Plasma-Lichtbogenschweißen und in anderen hochpräzisen Anwendungen eingesetzt. Um den Anforderungen verschiedener Prozesse, Materialien und Umgebungen gerecht zu werden, werden Yttrium-Wolframelektroden nach Yttriumoxidgehalt, Schweißverfahren, morphologischen Spezifikationen, Anwendungsumgebung und Standardspezifikationen klassifiziert. In diesem Kapitel werden diese Klassifizierungsmethoden im Detail erörtert und die Leistung, die Verwendung und die Entwicklungstrends verschiedener Elektrodentypen analysiert.

2.1 Einteilung nach Yttriumoxid-Gehalt

Der Gehalt an Yttriumoxid (Y_2O_3) ist der entscheidende Einflussfaktor für die Leistung der Yttrium-Wolframelektrode, der direkt die Elektronenaustrittsarbeit, die Lichtbogenstabilität und die hohe Temperaturbeständigkeit der Elektrode bestimmt. Entsprechend dem unterschiedlichen Gehalt an Yttriumoxid können Yttriumwolframelektroden in Standardelektroden (z. B. WY20) und kundenspezifische Inhaltselektroden unterteilt werden.

2.1.1 Leistung und Verwendung der 2%igen Yttriumoxid-Elektrode (WY20).

Leistungsmerkmale: Die WY20-Elektrode ist derzeit die gebräuchlichste Art von Yttrium-Wolfram-Elektrode mit einem Yttriumoxidgehalt von 1,8% ~ 2,2% (Massenanteil), die der internationalen Norm ISO 6848 und der inländischen Norm GB/T 4192 entspricht.

Zu den wichtigsten Funktionen gehören:

Elektronenaustrittsarbeit: 2,5 ~ 2,7 eV, niedriger als eine reine Wolframelektrode (4,5 eV), so dass die Lichtbogenspannung niedrig ist (10 ~ 15 V) und die Lichtbogenzeit < 0,1 Sekunden beträgt.

Lichtbogenstabilität: Lichtbogendriftrate < 5%, geeignet für das Schweißen mit positiver Polarität (DCEN) und Wechselstrom (AC), mit einem Strombereich von 50~300 A.

Ausbrennrate: Unter der Bedingung von 200 A DC < die Abbrandrate 0,2 mg/min, was niedriger ist als die einer Thoriumwolframelektrode (0,3 ~ 0,5 mg/min).

Mechanische Eigenschaften: Vickers-Härte (HV) 400 ~ 450, Zugfestigkeit > 1000 MPa, geeignet für Hochtemperatur-Schweißumgebungen (Lichtbogentemperatur 6000~7000 °C).

Umweltschutz: nicht radioaktiv, besser als Thorium-Wolfram-Elektrode (ThO_2 -haltig, α Strahlen emittierend), in Übereinstimmung mit den Sicherheitsstandards der Internationalen Arbeitsorganisation (ILO).

Herstellungsprozess: Die WY20-Elektrode wird durch ein pulvermetallurgisches Verfahren hergestellt, die Reinheit des Wolframpulvers $\geq 99,95\%$, die Yttriumoxid-Partikelgröße 12 μm . Beim Dotierungsverfahren wird die Sprühdotierung oder das Hochenergie-Kugelmahlen verwendet, um eine gleichmäßige Verteilung des Yttriumoxids zu gewährleisten (Abweichung $\leq \pm 0,1\%$). Das Sintern erfolgt in einem Vakuum- oder Wasserstoffofen bei einer Temperatur von 2000~2400°C und einer Dichte von mehr als 98%.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Hauptverwendungen:

Luft- und Raumfahrt: Schweißen von Titanlegierungen (z. B. Ti-6Al-4V) und Nickelbasislegierungen (z. B. Inconel 718) für Turbinenschaufeln, Triebwerksbrennkammern und Rumpfstrukturen. Die niedrige Ausbrennrate und der stabile Lichtbogen des WY20 gewährleisten eine Schweißnahtfestigkeit von > 900 MPa und erfüllen damit die Luftfahrtstandards.

Energieindustrie: Schweißen von Edelstahl-Druckbehältern für Kernkraftwerke und Teilen aus Nickellegierungen für Gasturbinen mit einem Strom von 150~250 A und ohne Poren oder Risse in den Schweißnähten.

Automobilbau: geschweißte Gehäuse aus Edelstahl und Aluminiumlegierungen mit einem Strom von 50~150 A und geeignet zum Schweißen dünner Bleche (<2 mm) mit einer kleinen Wärmeeinflusszone (<0,5 mm).

Schiffbauindustrie: Schweißen von hochfesten Stahlplatten, Strom 200 ~ 300 A, starke Tiefeneindringfähigkeit, hohe Schweißzähigkeit.

Vorteile und Einschränkungen: Die WY20-Elektrode bietet eine gute Leistung und ist kostengünstig für mittlere Ströme und allgemeine Schweißszenarien, aber für ultrahohe Ströme (>400 A) oder Mikroschweißen (Lötstellen < 0,5 mm) muss möglicherweise der Yttriumoxidgehalt oder das Spitzendesign angepasst werden.

2.1.2 Entwicklung kundenspezifischer Elektroden mit Yttriumoxidgehalt

Hintergrund und Anforderungen: Mit der Diversifizierung der Schweißverfahren (z. B. Ultrahochstrom-Plasmaschweißen, Mikroschweißen) erfüllen Standard-WY20-Elektroden möglicherweise nicht die spezifischen Anforderungen. Kundenspezifische Elektroden mit Yttriumoxidgehalt (z. B. WY10 und WY30) optimieren die Leistung, indem sie das Y_2O_3 -Verhältnis (0,5 %~3,5 %) anpassen, um spezielle Anwendungsszenarien zu erfüllen.

Entwicklungsrichtung:

Elektrode mit niedrigem Yttriumoxidgehalt (WY10, Y_2O_3 0,8 %~1,2 %):

Leistung: Elektronische Ausgangsleistung 2,7 ~ 2,9 eV, geeignet für Löten mit niedrigem Strom (<50 A), ca. 10% ~ 15% niedrigere Kosten. Die Lichtbogenstabilität ist etwas schlechter als die des WY20 (Driftrate <7%), aber die Lichtbogenleistung ist gut.

Anwendungen: Mikroschweißen (z.B. Chipverpackungen, medizinische Geräte), Schweißen von dünnem Edelstahlblech (<1 mm).

Herstellung: Ein dopingarmes Sprühverfahren wird verwendet, um die Menge an Yttriumoxid zu reduzieren, und die Sintertemperatur beträgt 1800 ~ 2200 °C.

Elektrode mit hohem Yttriumoxidgehalt (WY30, Y_2O_3 2,5 % ~ 3,5 %):

Leistung: Elektronenaustrittsleistung 2,4 ~ 2,6 eV, Abbrandrate <0,1 mg / min, Rekristallisationstemperatur > 2100 °C. Geeignet für Umgebungen mit extrem hohen Strömen (>400 A) und hohen Temperaturen.

Anwendungen: Plasma-Lichtbogenschweißen, Sprühen und Tiefschmelzschweißen in der Nuklearindustrie und Luft- und Raumfahrt.

Herstellung: Nanoskaliges Yttriumoxid (Partikelgröße 10~50 nm) und Entladungsplasmasintern

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

(SPS) werden verwendet, mit einer Korngröße von $< 5 \mu\text{m}$ und einer Dichte $> 99\%$.

Komposit-dotierte Elektroden: Kombinieren Sie Yttriumoxid mit Lanthanoxid (La_2O_3) oder Ceroxid (CeO_2), z. B. Y-La-W (Y_2O_3 1,5 % + La_2O_3 0,5 %). Dieser Elektrodentyp kombiniert eine geringe Fluchtarbeit und eine hohe Wärmebeständigkeit mit einer Lichtbogendriftrate von $< 3\%$ und einer um 20%~30% längeren Lebensdauer.

Herausforderungen und Perspektiven:

Herausforderung: Ein hoher Yttriumoxidgehalt erhöht die Produktionskosten (ca. 15 % ~ 20 %), und die Nanodotierungstechnologie erfordert ausgefeiltere Geräte (z. B. Hochenergie-Kugelmöhlen, SPS-Öfen).

Aussicht: Kundenspezifische Elektroden können die Anforderungen von High-End-Märkten (wie Halbleiter- und Nuklearindustrie) erfüllen, und es wird erwartet, dass der Marktanteil bis 2030 auf 15% ~ 20% steigen wird.

2.2 Klassifizierung nach Schweißverfahren

Yttrium-Wolframelektroden werden unterteilt in WIG-Schweißen, Spezialelektroden, Plasmalichtbogenschweißen und Schneiden, Spezial- und Spezialprozesselektroden nach unterschiedlichen Schweißverfahren, und jeder Elektrodentyp ist für bestimmte Prozesse optimiert.

2.2.1 Yttrium-Wolframelektrode für das WIG-Schweißen

Eigenschaften: Das WIG-Schweißen (Argon-Lichtbogenschweißen) ist das Hauptanwendungsgebiet der Yttrium-Wolframelektrode mit einer Lichtbogentemperatur von 6000 ~ 7000 °C und einem Strom von 50 ~ 300 A. Die WY20-Elektrode wird aufgrund ihrer geringen Fluchtarbeit und Lichtbogenstabilität mit einem Spitzenwinkel von $30^\circ \sim 45^\circ$ und einem Durchmesser von 1,6 ~ 3,2 mm bevorzugt.

Leistungsanforderungen:

Die Lichtbogenspannung beträgt $< 15 \text{ V}$ und die Lichtbogenzeit $< 0,1$ Sekunden.

Die Lichtbogendriftrate beträgt $< 5\%$ und ist damit für das DCEN- und AC-Schweißen geeignet.

Die Burnout-Rate $< 0,2 \text{ mg / min}$ und die Lebensdauer beträgt 100 ~ 150 Stunden.

Gebrauchen:

Schweißen von Edelstahl: Automobiluspuffrohr, Druckbehälter, Strom 50 ~ 150 A, glatte Schweißnaht, Wärmeeinflusszone $< 0,5 \text{ mm}$.

Schweißen von Titanlegierungen: Strukturteile für die Luft- und Raumfahrt, Strom 100 ~ 200 A, Argonschutz ist erforderlich (Durchflussrate 1015 L/min).

Schweißen von Aluminiumlegierungen: AC-Schweißen, Strom 50 ~ 200 A, Frequenz 50 ~ 150 Hz, geeignet für Körper- und Schiffsteile.

Optimiertes Design:

Die Spitze ist auf $30^\circ \sim 45^\circ$ geschliffen, um sicherzustellen, dass der Lichtbogen konzentriert wird.

Elektrochemisches Polieren der Oberfläche ($R_a < 0,4 \mu\text{m}$) zur Reduzierung der Lichtbogendrift.

In Kombination mit dem intelligenten Schweißgerät wird die Impulsfrequenz (1~10 Hz)

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

automatisch angepasst, um die Schweißqualität zu verbessern.

2.2.2 Elektroden zum Plasmaschweißen und -schneiden

Merkmale: Beim Plasma-Lichtbogenschweißen (PAW) und Schneiden wird ein Lichtbogen mit hoher Energiedichte (Temperatur > 20000 °C) und einem Strom von 100 ~ 500 A verwendet, sodass die Elektrode eine hohe Strombelastbarkeit und eine hohe Temperaturbeständigkeit aufweisen muss. Der Durchmesser der WY20- oder WY30-Elektrode beträgt 2,4 ~ 4,8 mm und der Spitzenwinkel 45 ° ~ 60 °.

Leistungsanforderungen:

Lichtbogenstabilität (Driftrate <3%) und unterstützt das Tiefschweißen (Einbrandtiefe 10~15 mm).

Die Burnout-Rate < 0,15 mg / min und die Lebensdauer beträgt 50 ~ 100 Stunden.

Hohe Rekristallisationstemperatur (>2000°C), beständig gegen Temperaturschocks.

Gebrauchen:

Plasma-Lichtbogenschweißen: Edelstahl-Druckbehälter für Kernkraftwerke, Strom 200 ~ 400 A, Schweißnaht ohne Porosität.

Plasmaschneiden: Kohlenstoffstahl, Edelstahlblech (Dicke 20~100 mm), Strom 300~1000 A, Schnittbreite < 2 mm.

Plasmaspritzen: keramische Beschichtung (Zirkonoxid) von Turbinenschaufeln für die Luftfahrt, Strom 400~600 A, Haftfestigkeit der Beschichtung > 70 MPa.

Optimiertes Design:

Verwenden Sie eine WY30-Elektrode für eine verbesserte Leistung bei hohen Temperaturen.

Ausgestattet mit einem wassergekühlten Schweißbrenner, um die Elektrode vor Überhitzung zu schützen.

Argon-Helium-Mischschutzgas (Verhältnis 3:1) wird verwendet, um die Lichtbogentemperatur und -stabilität zu verbessern.

2.2.3 Elektroden für spezielle Verfahren (Vakuumschweißen, Mikroschweißen).

Merkmale: Vakuumschweißen und Mikroschweißen erfordern Elektroden mit geringer Flüchtigkeit, hoher Präzision und geringem Wärmeeintrag. WY20-Elektroden (0,5 ~ 1,6 mm Durchmesser) oder kundenspezifische Miniaturelektroden (0,3 ~ 0,8 mm Durchmesser) sind die Hauptoptionen.

Leistungsanforderungen:

Niedrige Gasfreisetzungsrates (<10⁻⁶ Pa·m³/s), geeignet für Vakuumumgebungen (10⁻³~10⁻⁵ Pa).

Der Lichtbogendurchmesser < 0,5 mm, geeignet für das Mikroschweißen.

Die Brenngeschwindigkeit beträgt <0,1 mg/min und der Spitzenradius <0,1 mm.

Gebrauchen:

Vakuumschweißen: Rohrleitungen für Halbleiterausüstung, Schalen aus Titanlegierungen für Raumfahrzeuge, Strom 10 ~ 50 A, Vakuumgrad 10⁻⁴ Pa.

Mikrolöten: Chip-Packaging, medizinische Geräte (z. B. chirurgische Instrumente), Strom 5~20 A,

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Lötstellendurchmesser < 0,2 mm.

Hochpräzise additive Fertigung: Plasmalichtbogen repariert Luft- und Raumfahrtteile, Strom 20~50 A, Stapelgenauigkeit $\pm 0,05$ mm.

Optimiertes Design:

Entwicklung einer nadelartigen Miniaturelektrode (Spitzenradius < 0,05 mm), die durch Lasermikrobearbeitung erreicht wird.

Verwenden Sie hochreines Helium (Durchflussrate 8 ~ 12 l / min), um die Lichtbogendiffusion zu reduzieren.

In Kombination mit einem Hochfrequenz-Lichtbogen (Frequenz 10~20 kHz) sorgt es für eine schnelle Zündung.

2.3 Einteilung nach Form und Spezifikation

Die Morphologie und die Spezifikationen von Yttrium-Wolfram-Elektroden werden je nach Anwendungsbedarf in Standardstäbe, Mikronadeln und kundenspezifische Nicht-Standard-Elektroden unterteilt, die unterschiedliche Anforderungen an Schweißpräzision und Prozess erfüllen.

2.3.1 Standard-Stabelektrode (Durchmesser- und Längenangaben)

Eigenschaften: Die Standard-Stabelektrode ist die Hauptform der Yttrium-Wolframelektrode mit einem Durchmesser von 0,5 ~ 6,4 mm und einer Länge von 50 ~ 175 mm, die den Normen ISO 6848 und GB / T 4192 entspricht. Die Toleranzen betragen $\pm 0,05$ mm Durchmesser, ± 1 mm Länge und die Oberflächenrauheit $Ra < 0,4 \mu\text{m}$.

Spezifikationen und Anwendungen:

Durchmesser 0,5 ~ 1,6 mm: Mikroschweißen und Dünnpfattenlöten, Strom 10 ~ 100 A, geeignet für Chip-Verpackungen und medizinische Geräte.

Durchmesser 1,6 ~ 3,2 mm: universelles WIG-Schweißen, Strom 50 ~ 250 A, geeignet für Edelstahl, Titanlegierungen und Aluminiumlegierungen.

Durchmesser 3,2 ~ 6,4 mm: Hochstromschweißen und Plasmaschneiden, Strom 200 ~ 500 A, geeignet für dicke Bleche und Tiefschmelzschweißen.

Länge 50 ~ 75 mm: Manuelles Schweißen für einfache Bedienung.

Länge 150 ~ 175 mm: Automatisches Schweißen, kompatibel mit langen Schweißzangen.

Herstellungsprozess:

Zum Einsatz kommen Präzisionsziehmaschine (Toleranz $\pm 0,01$ mm) und Laserschneidmaschine (Längengenauigkeit $\pm 0,1$ mm).

Die Oberfläche wird elektrochemisch poliert, um eine glatte und fehlerfreie Oberfläche zu gewährleisten.

Vorteile: Standard-Stabelektroden haben eine hohe Produktionseffizienz, niedrige Kosten, eine starke Vielseitigkeit und machen mehr als 70% des Marktanteils aus.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

2.3.2 Mikronadelelektroden (für Ultrapräzisionsschweißen)

Eigenschaften: Mikronadelelektroden Durchmesser 0,3 ~ 1,0 mm, Spitzenradius < 0,1 mm, ausgelegt für Ultrapräzisionsschweißen. Die Elektrodenlänge betrug 20 ~ 50 mm, die Toleranz $\pm 0,01$ mm und die Oberflächenrauheit $Ra < 0,2 \mu\text{m}$.

Leistung und Nutzung:

Leistung: Lichtbogendurchmesser < 0,5 mm, Wärmeeinflusszone < 0,1 mm, geeignet für Strom 5~50 A.

Gebrauchen:

Halbleiterchip-Gehäuse: Löten von Kupfer- und Goldleitungen, Lötstellendurchmesser < 0,2 mm.

Medizinische Geräte: Schweißen von chirurgischen Mikro-Edelstahlmessern, Strom 5~20 A.

Optoelektronik: Löten Sie faseroptische Steckverbinder mit einer Genauigkeit $\pm 0,01$ mm.

Herstellungsprozess:

Verwenden Sie Laser-Mikrobearbeitungsgeräte, um die Spitze in einem Winkel von $15^\circ \sim 30^\circ$ zu bearbeiten.

Elektrochemisches Polieren (Spannung 5~10 V) wird verwendet, um eine glatte Oberfläche zu gewährleisten.

Sie ist mit einer hochpräzisen Ziehmaschine (Toleranz $\pm 0,005$ mm) ausgestattet, um ultrafeine Elektroden herzustellen.

Entwicklungstrend: Mit der Entwicklung der Mikroelektronik und der Medizintechnik wird erwartet, dass die Nachfrage nach Mikronadelelektroden um 20% ~ 30% steigen wird, was die Anwendung der Laserbearbeitungs- und Nanodotierungstechnologie fördert.

2.3.3 Nicht standardmäßige kundenspezifische Elektroden (speziell geformtes Design und Anwendung)

Merkmale: Nicht standardmäßige kundenspezifische Elektroden werden gemäß speziellen Prozessanforderungen entwickelt, wie z. B. gebogene Elektroden, konische Elektroden oder Elektroden mit mehreren Spitzen. Durchmesser und Länge werden nach Kundenwunsch mit Toleranzen $\pm 0,05$ mm angepasst.

Anwendungsszenarien:

Komplexes Strukturschweißen: Speziell geformte Schweißnähte von Luft- und Raumfahrtkomponenten erfordern Biegeelektroden (Krümmungsradius 5~10 mm).

Mehrpunktlöten: Beim Mehrleiterlöten in der Batteriemontage werden Mehrspitzenelektroden verwendet (Spitzenabstand 0,5 ~ 2 mm).

Additive Fertigung: Plasma-Lichtbogenreparatur mit konischen Elektroden (Spitzenwinkel $60^\circ \sim 90^\circ$) zur Verbesserung der Stapelgenauigkeit.

Herstellungsprozess:

Speziell geformte Elektroden werden mit CNC-Drehmaschinen oder 3D-Drucktechnik geformt.

Komplexe Formen werden durch Laserschneiden und Funkenerosion (Erodieren) erreicht.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Oberflächenbeschichtungen wie Zirkonoxid erhöhen die Hochtemperaturbeständigkeit.

Vorteile und Herausforderungen:

Vorteile: Erfüllen Sie spezielle Anforderungen und verbessern Sie die Schweißeffizienz.

Herausforderungen: langer Produktionszyklus und hohe Kosten (ca. 20% ~ 30% höher).

2.4 Klassifizierung nach Anwendungsumgebung

Yttrium-Wolframelektroden werden in Hochtemperatur-, Vakuum- und Inertgas sowie spezielle Elektroden für korrosive Umgebungen unterteilt, je nach Temperatur, Atmosphäre und chemischen Eigenschaften der Anwendungsumgebung.

2.4.1 Schweißelektroden in Hochtemperaturumgebungen

Merkmale: In Hochtemperaturumgebungen (z. B. Plasmaschweißen, Sprühen) müssen Elektroden hohe Rekristallisationstemperaturen ($>2000\text{ }^{\circ}\text{C}$) und niedrige Ausbrandraten ($<0,15\text{ mg/min}$) aufweisen. Die WY30-Elektrode (Y_2O_3 2,5% ~ 3,5%) ist die Hauptwahl mit einem Durchmesser von 2,4 ~ 4,8 mm und einem Spitzenwinkel von 45° ~ 60° .

Leistung und Nutzung:

Leistung: Temperaturwechselbeständigkeit, Lichtbogentemperatur $> 10000\text{ }^{\circ}\text{C}$, Lebensdauer 50 ~ 100 Stunden.

Gebrauchen:

Nuklearindustrie: geschweißte Brennstäbe aus Zirkoniumlegierungen, Strom 300~500 A.

Luft- und Raumfahrt: Sprühen von Turbinenschaufeln aus Nickelbasislegierungen, Strom 400~600 A.

Energieausrüstung: Schweißen der Gasturbinenbrennkammer, Temperatur $> 1200^{\circ}\text{C}$.

Optimiertes Design:

Es wurde SPS-Sintern verwendet und die Korngröße betrug $< 5\text{ }\mu\text{m}$.

Oberflächen-Nanobeschichtungen (z. B. $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$) zur Verbesserung der Oxidationsbeständigkeit.

2.4.2 Vakuum- und Schutzgas-Umweltelektroden

Eigenschaften: Vakuum ($10^{-3}\sim 10^{-5}\text{ Pa}$) oder Inertgas (z. B. Argon, Helium) erfordert eine geringe Elektrodenflüchtigkeit (Gasfreisetzungsrates $< 10^{-6}\text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$). Die WY20-Elektrode (0,5~2,4 mm Durchmesser) ist für diese Umgebung geeignet und hat einen Spitzenradius $< 0,2\text{ mm}$.

Leistung und Nutzung:

Leistung: Geringe Gasfreisetzung, Lichtbogenstabilität (Driftrate $< 3\%$).

Gebrauchen:

Halbleiterausüstung: Vakuumschweißen von Edelstahlrohren, Strom 10 ~ 50 A.

Raumfahrzeug: Schale aus Titanlegierung geschweißt, Vakuumgrad 10^{-4} Pa .

Vakuum-Wärmebehandlung: Hochtemperatur-Ofenelektrode, Temperatur $> 1500^{\circ}\text{C}$.

Optimiertes Design:

[Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Zum Einsatz kommen hochreines Wolfram ($\geq 99,99\%$) und Nano-Yttriumoxid (10~50 nm).
Verwenden Sie hochreines Helium (Durchflussrate 8 ~ 12 l / min), um die Lichtbogendiffusion zu reduzieren.

2.4.3 Spezialelektroden für korrosive Umgebungen

Eigenschaften: Korrosive Umgebungen (z. B. Schiffstechnik, chemische Geräte) erfordern Elektroden, um Oxidation und chemischer Korrosion zu widerstehen. Die WY20-Elektrode (Durchmesser 1,6 ~ 3,2 mm) mit Argonschutz (Durchflussrate 10 ~ 15 L/min) ist die erste Wahl.

Leistung und Nutzung:

Leistung: Bildung einer antioxidativen Schicht (WO_3 Flüchtigkeit $< 0,05$ mg/min), Oberflächenrauheit $R_a < 0,2$ μm .

Gebrauchen:

Schiffstechnik: geschweißte Schiffsdecks aus Edelstahl, beständig gegen Chloridionenkorrosion.

Chemische Ausrüstung: Rohrschweißen aus Hastelloy-Legierung, beständig gegen saure Umgebungen.

Energieindustrie: Schweißen von Rohrleitungen für Kernkraftwerke, hohe Temperatur- und Hochdruckbeständigkeit.

Optimiertes Design:

Elektrochemisches Polieren oder Beschichten der Oberfläche (z. B. TiN) für eine verbesserte Korrosionsbeständigkeit.

In Kombination mit Argon-Helium-Gemischgas (Verhältnis 4:1) wird die Schutzwirkung verbessert.

2.5 Normen und Identifizierungsspezifikationen

Normen und Kennzeichnungsspezifikationen gewährleisten die Qualitätskonsistenz und Rückverfolgbarkeit von Yttrium-Wolframelektroden und decken internationale Standards, nationale Standards und Verpackungsanforderungen ab.

2.5.1 Klassifizierung und Farbskalen in internationalen Standards (ISO 6848, AWS A5.12).

ISO 6848:2015:

Klassifizierung: Die Yttrium-Wolframelektrode ist als WY20 gekennzeichnet, der Y_2O_3 -Gehalt beträgt 1,8 % ~ 2,2 % und das Ende ist blau lackiert.

Farbskala: Das blaue Ende wird von Thoriumwolfram (rot), Lanthanwolfram (Gold) und Cerwolfram (grau) unterschieden.

Anforderungen: Durchmesser 0,5~6,4 mm, Toleranz $\pm 0,05$ mm; Länge 50~175 mm, Toleranz ± 1 mm; Die Burnout-Rate $< 0,2$ mg/min.

AWS A5.12:2009:

Klassifizierung: Gekennzeichnet als EWY-2, Y_2O_3 -Gehalt 1,8 % ~ 2,2 %, blaues Ende.

Anforderungen: Chemische Zusammensetzung (Wolfram $\geq 99,5\%$), Lichtbogenstabilität (Driftrate $< 5\%$), Oberflächenrauheit $R_a < 0,4$ μm .

Zertifizierung: Ein Leistungsprüfbericht und eine Zertifizierung durch eine unabhängige Prüfstelle

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

sind erforderlich.

Anwendungen: Internationale Standards sind auf den globalen Handel anwendbar und werden häufig in der Luft- und Raumfahrt, der Nuklearindustrie und der Mikroelektronik verwendet, um eine gleichbleibende Elektrodenleistung zu gewährleisten.

2.5.2 Klassifizierung und Identifizierung in nationalen Normen (GB/T 4192).

GB/T 4192-2017:

Klassifizierung: WY20 (Y_2O_3 1,8 % 2,2 %) und WY10 (0,8 % 1,2 %) und andere nicht standardmäßige Modelle, blaues Ende.

Anforderungen: Wolframreinheit $\geq 99,5$ %, Verunreinigungen $< 0,05$ %, Lichtbogenstartspannung < 15 V, Einbrennrate $< 0,2$ mg/min.

Identifikation: Das Modell, die Größe, die Produktionscharge und die Herstellerinformationen sind auf der Elektrodenoberfläche oder der Verpackung gekennzeichnet.

Anwendung: Inländische Standards in Kombination mit der tatsächlichen Produktion in China unterstützen flexibel nicht standardmäßige Anpassungen und sind in der Automobil-, Schiffbau- und Energieindustrie weit verbreitet.

2.5.3 Verpackungs- und Kennzeichnungsvorschriften für Yttrium-Wolfram-Elektroden

Anforderungen an die Verpackung:

Feuchtigkeits- und stoßfest: Verwenden Sie versiegelte Kunststoffboxen oder Vakuumverpackungen, um zu verhindern, dass Elektroden feucht werden oder kollidieren.

Eindeutige Identifikation: Auf der Verpackung sind das Modell (WY20), die Abmessungen (Durchmesser, Länge), die Chargennummer, das Produktionsdatum und die Herstellerinformationen angegeben.

Barcode/RFID: Moderne Verpackungen sind mit Barcodes oder RFID-Tags ausgestattet, um die Bestandsverwaltung und Rückverfolgbarkeit zu vereinfachen.

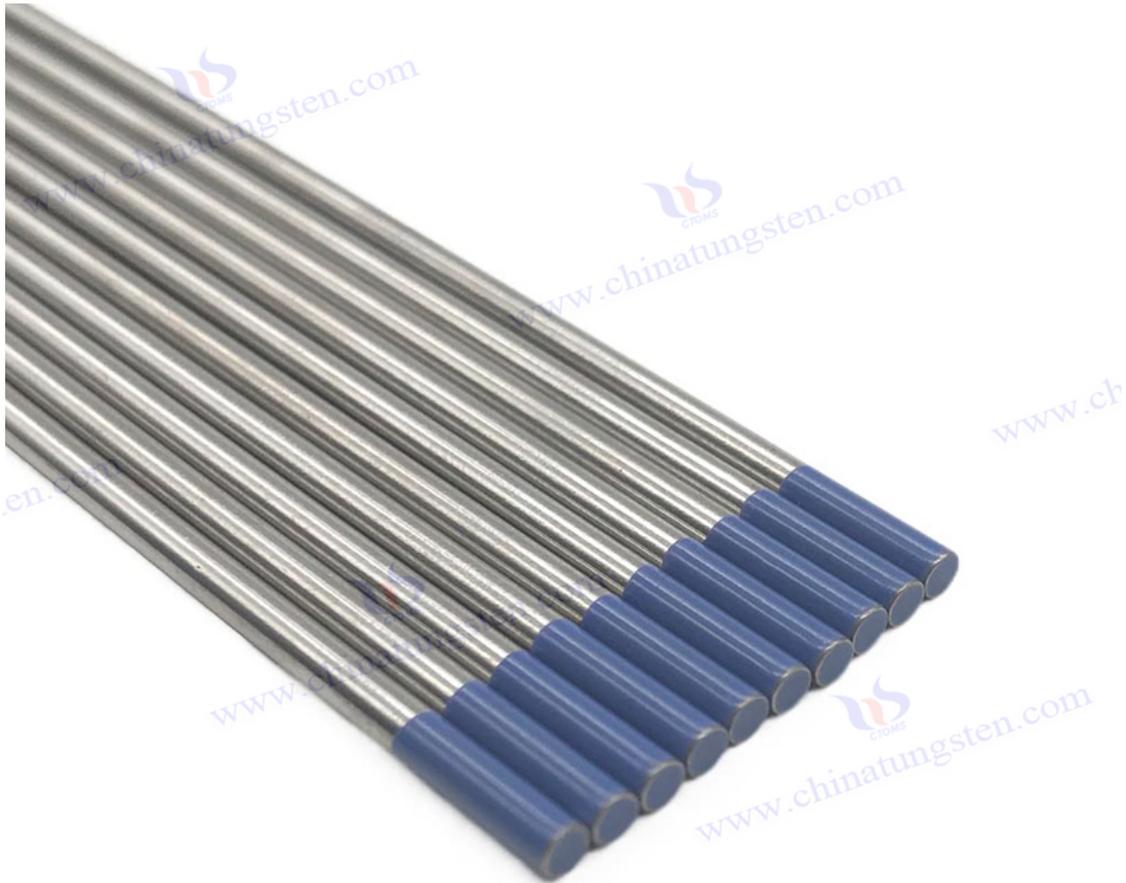
Lagerung und Transport:

Lagerumgebung: Luftfeuchtigkeit < 60 %, Temperatur $5\sim 30^\circ C$, um Oxidation oder Verschmutzung zu vermeiden.

Versandanforderungen: Verwenden Sie eine stoßfeste Verpackung, um zu verhindern, dass sich die Elektrode verbiegt oder bricht.

Entwicklungstrend: In Zukunft könnten intelligente Verpackungen (wie z. B. Leistungsdaten von QR-Code-Links) eingeführt werden, um die Rückverfolgbarkeit und das Benutzererlebnis zu verbessern.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung



Kapitel 3 Leistungsmerkmale von Yttrium-Wolfram-Elektroden

3.1 Physikalische Eigenschaften von Yttrium-Wolfram-Elektroden

3.1.1 Hoher Schmelzpunkt und hohe Temperaturstabilität von Yttrium-Wolfram-Elektroden

Yttrium-Wolframelektroden nehmen mit ihrem außergewöhnlich hohen Schmelzpunkt und ihrer hohen Temperaturstabilität eine bedeutende Stellung in der Schweißindustrie ein. Yttrium-Wolfram-Elektroden bestehen hauptsächlich aus hochreinem Wolfram (W, Reinheit ca. 98 % ~ 99,5 %) und Yttriumoxid (Y_2O_3 , Massenanteil ca. 1,8 % ~ 2,2 %), und der Schmelzpunkt von Wolfram beträgt bis zu 3422 °C, was eines der Metalle mit dem höchsten Schmelzpunkt in der Natur ist. Diese Eigenschaft ermöglicht es Yttrium-Wolframelektroden, die strukturelle Integrität in Umgebungen mit extrem hohen Temperaturen (Lichtbogentemperaturen können 6000 ~ 7000 °C erreichen) aufrechtzuerhalten und weniger anfällig für Schmelzen oder starkes Ausbrennen zu sein.

Die Dotierung von Yttriumoxid erhöht die Hochtemperaturstabilität der Elektrode zusätzlich. Yttriumoxid hat eine hohe thermische Stabilität und seine Zersetzungstemperatur ist viel höher als die tatsächliche Betriebstemperatur während des Schweißprozesses (ca. 2500 °C oder mehr). Durch die Dotierung von Yttriumoxid wird die Rekristallisationstemperatur der Yttriumwolframelektrode signifikant erhöht und erreicht in der Regel mehr als 2000 °C, was deutlich höher ist als die der reinen Wolframelektrode 1700 °C. Das bedeutet, dass Yttrium-Wolfram-Elektroden die Stabilität des Korngefüges während des langfristigen Hochtemperaturbetriebs aufrechterhalten können,

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

wodurch das Verrutschen der Korngrenze und die Bildung mikroskopisch kleiner Risse reduziert werden. Diese Hochtemperaturstabilität ist besonders wichtig für das Hochstrom-Tiefschmelzschweißen, z. B. beim Schweißen von Titanlegierungen oder Superlegierungen in der Luft- und Raumfahrt, wo die Elektrode einem anhaltenden Hochtemperatur-Lichtbogeneinwirkung standhalten kann, ohne sich zu verformen oder die Leistung zu beeinträchtigen.

Darüber hinaus spiegelt sich die Hochtemperaturstabilität von Yttrium-Wolfram-Elektroden auch in ihrer Temperaturwechselbeständigkeit wider. Während des Zyklus des schnellen Aufheizens und Abkühlens ist die Elektrodenoberfläche nicht anfällig für thermische Risse. Diese Eigenschaft ist auf die gleichmäßige Mikrostruktur der Wolframmatrix und die diffuse Verteilung von Yttriumoxid-Partikeln zurückzuführen, die bei hohen Temperaturen eine Rolle bei der Festlegung von Korngrenzen, der Hemmung des Kornwachstums und der thermischen Spannungskonzentration spielen.

3.1.2 Dichte, Härte und Verformungsbeständigkeit von Yttrium-Wolfram-Elektroden

Die Dichte der Yttrium-Wolfram-Elektrode liegt nahe am theoretischen Wert von reinem Wolfram, der etwa $19,1 \sim 19,3 \text{ g/cm}^3$ beträgt, einem Material mit hoher Dichte. Diese hohe Dichte sorgt dafür, dass die Elektrode unter Einwirkung von Lichtbögen eine hohe mechanische Stabilität aufweist und Verformungen durch Lichtbogenstöße und mechanische Vibrationen widersteht. Die Dotierung von Yttriumoxid hat nur einen geringen Einfluss auf die Dichte der Elektrode, aber durch die Optimierung des Produktionsprozesses (z. B. Hochtemperaturesintern und Mehrgangschmieden) kann die innere Porosität der Elektrode auf weniger als 1 % reduziert werden, was die Gleichmäßigkeit der Dichte weiter verbessert.

In Bezug auf die Härte liegt die Vickers-Härte (HV) von Yttrium-Wolframelektroden normalerweise zwischen $400 \sim 450$, was etwas höher ist als die von reinen Wolframelektroden (etwa $350 \sim 400$ HV). Die diffusionsverstärkende Wirkung von Yttriumoxid-Partikeln erhöht den Verformungswiderstand der Elektrode und macht sie weniger anfällig für plastische Verformungen bei hohen Temperaturen und drücken. Diese hohe Härte und Verformungsbeständigkeit sind besonders wichtig in Szenarien, die ein kontinuierliches Schweißen über längere Zeiträume erfordern, wie z. B. beim Rohrschweißen oder bei der Herstellung von Druckbehältern, bei denen die Elektrode die Stabilität der Spitzenform aufrechterhalten und die durch Verformung verursachte Lichtbogenverschiebung reduzieren kann.

Die Erhöhung des Verformungswiderstands hängt auch eng mit der Korngröße der Elektrode zusammen. Durch die präzise Steuerung der Sintertemperatur und des Dotierungsprozesses können moderne Yttrium-Wolframelektroden die Korngröße im Bereich von $5 \sim 10 \mu\text{m}$ steuern, was im Vergleich zu den $20 \sim 50 \mu\text{m}$ herkömmlicher reiner Wolframelektroden deutlich reduziert ist. Die feine Kornstruktur verbessert nicht nur die Härte, sondern auch die Zähigkeit der Elektrode, wodurch sie weniger anfällig für Brüche bei mechanischer Belastung ist.

3.1.3 Wärmeleitfähigkeit und Wärmeausdehnungseigenschaften von Yttrium-Wolframelektroden

[Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Die Wärmeleitfähigkeit der Yttrium-Wolfram-Elektrode beträgt etwa 174 W/m·K, was der von reinem Wolfram (ca. 170~180 W/m·K) nahe kommt, was besser ist als bei anderen mit Seltenen Erden dotierten Elektroden (wie z. B. Thorium-Wolfram-Elektrode, ca. 160 W/m·K). Die hohe Wärmeleitfähigkeit ermöglicht es der Elektrode, Wärme unter Einwirkung von Hochtemperaturlichtbögen schnell abzuleiten, wodurch die Spitzentemperatur gesenkt und das Auftreten von Durchbrennen und thermischer Rissbildung verringert wird. Dies ist besonders wichtig für das Hochleistungsschweißen, bei dem die Elektrodenspitze einem kontinuierlichen Wärmeeintrag standhalten muss.

Der Wärmeausdehnungskoeffizient ist eine weitere wichtige physikalische Eigenschaft von Yttrium-Wolframelektroden. Der Wärmeausdehnungskoeffizient von Wolfram ist niedrig, etwa $4,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (20~1000°C), während die Dotierung von Yttriumoxid nur einen geringen Einfluss auf den Wärmeausdehnungskoeffizienten hat. Diese Eigenschaft der geringen Wärmeausdehnung stellt sicher, dass die Elektrode während Hochtemperaturzyklen nur minimale Dimensionsänderungen erfährt, wodurch Spannungskonzentrationen oder Spitzenverformungen durch Wärmeausdehnung vermieden werden. In der Praxis ermöglicht der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient die Anpassung der Yttrium-Wolframelektroden an schnell erhitze und abkühlende Schweißprozesse, wie z. B. das gepulste WIG-Schweißen oder das Plasma-Lichtbogenschweißen.

3.2 Chemische Eigenschaften von Yttrium-Wolfram-Elektroden

3.2.1 Chemische Stabilität von Yttriumoxid bei hohen Temperaturen

Yttriumoxid (Y_2O_3) weist als Schlüsselkomponente der Yttrium-Wolframelektroden eine extrem hohe chemische Stabilität auf. Sein Schmelzpunkt liegt bei etwa 2410 ° C, und die Zersetzungstemperatur ist viel höher als die tatsächliche Temperatur während des Schweißvorgangs (etwa 2000 ~ 2500 ° C). In Hochtemperaturumgebungen mit Lichtbögen bleibt Yttriumoxid chemisch inert und reagiert nicht signifikant mit reaktiven Gasen (z. B. Sauerstoff, Stickstoff) oder Metaldämpfen im Lichtbogen. Diese Stabilität stellt sicher, dass sich bei längerem Gebrauch keine Oxid- oder Verbindungsablagerungen auf der Elektrodenoberfläche bilden, wodurch die Stabilität und Reinheit des Lichtbogens erhalten bleibt.

Die chemische Stabilität von Yttriumoxid spiegelt sich auch in seiner Reduktionsbeständigkeit wider. Beim Argon- oder Helium-geschützten WIG-Schweißen kann die Elektrodenoberfläche geringen Mengen an reduzierenden Gasen (z. B. Wasserstoff) ausgesetzt sein. Die hohe Bindungsenergie von Yttriumoxid (Y-O-Bindungsenergie von etwa 715 kJ/mol) erschwert es, es zu reduzieren, wobei die mikrostrukturelle Integrität der Elektrode erhalten bleibt. Diese Eigenschaft ist besonders wichtig für hochpräzises Schweißen, bei dem chemische Veränderungen in der Elektrodenoberfläche zu Lichtbogendrift oder Schweißnahtverunreinigungen führen können.

3.2.2 Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit von Yttrium-Wolfram-Elektroden

Die Oxidationsbeständigkeit der Yttrium-Wolframelektrode bei hohen Temperaturen ist besser als die der reinen Wolframelektrode. Reines Wolfram neigt zur Oxidation in Hochtemperaturluft (>1000 °C) und bildet flüchtiges WO_3 , was zu einem schnellen Durchbrennen der Elektroden führt. Durch die Dotierung von Yttriumoxid wird die Oxidationsrate der Elektrodenoberfläche deutlich

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

reduziert, indem eine stabile Oxidschutzschicht gebildet wird. Experimente zeigen, dass die Oxidations- und Gewichtszunahmerate der Yttrium-Wolframelektrode in der Oxidationsumgebung von 1000 °C nur 50 % ~ 60 % der der reinen Wolframelektrode beträgt.

In korrosiven Umgebungen (z. B. Industrieumgebungen, die Chloride oder saure Gase enthalten) weisen Yttrium-Wolframelektroden eine gute Korrosionsbeständigkeit auf. Die Wolframmatrix selbst weist eine gute Korrosionsbeständigkeit auf, während die chemische Inertheit von Yttriumoxid die Korrosionsbeständigkeit der Elektrode weiter erhöht. Beim Schweißen in der Schiffstechnik widerstehen Yttrium-Wolfram-Elektroden beispielsweise der Korrosion von Chloridionen im Meerwasser und halten so die langfristige Leistungsstabilität aufrecht.

3.2.3 Chemisches Verhalten von Yttrium-Wolfram-Elektroden in speziellen Umgebungen (Vakuum, Schutzgas, etc.)

Im Vakuum- oder Inertgasumfeld weisen Yttrium-Wolframelektroden ein besonders hervorragendes chemisches Verhalten auf. Beim Vakuumschweißen (z. B. beim Vakuum-Elektronenstrahlschweißen) ist die Elektrodenoberfläche nahezu berührungslos mit aktivem Gas, und die geringe Flüchtigkeit von Yttriumoxid (Dampfdruck bei 2000 °C $< 10^{-5}$ Pa) stellt sicher, dass die Elektrode keine Verunreinigungsgase freisetzt und die Reinheit der Vakuumumgebung erhalten bleibt. Diese Eigenschaft macht es ideal für die Halbleiterfertigung und das Lötten von Dichtungen für Raumfahrzeuge.

In Schutzgasumgebungen (z.B. Argon, heliumgeschütztes WIG-Schweißen) reduziert die chemische Stabilität von Yttrium-Wolfram-Elektroden die Wechselwirkung zwischen Elektrode und Schutzgas weiter. Yttriumoxid-Partikel bilden eine stabile mikroskopische Schutzschicht auf der Elektrodenoberfläche, die verhindert, dass die Wolframmatrix mit Spurenverunreinigungen wie Sauerstoff oder Wasserdampf reagiert. Diese Eigenschaft sichert die Reinheit des Lichtbogens und die Qualität der Schweißnaht, was besonders beim hochpräzisen Schweißen von Vorteil ist.

3.3 Elektrische Eigenschaften von Yttrium-Wolfram-Elektroden

3.3.1 Elektronenaustrittsarbeit und Lichtbogenleistung der Yttrium-Wolframelektrode

Die Elektronenaustrittsarbeit der Yttrium-Wolframelektrode ist der Kernindex ihrer elektrischen Leistung. Die Elektronenaustrittsarbeit von reinem Wolfram beträgt etwa 4,5 eV, während die Dotierung von Yttriumoxid sie auf 2,5~2,7 eV reduziert. Diese geringe Fluchtarbeit verbessert die thermionische Emissionsfähigkeit der Elektrode erheblich, so dass die Elektrode den Lichtbogen bei einer niedrigeren Spannung (10~15 V) zünden kann, wodurch die Startzeit des Lichtbogens und der Energieverbrauch reduziert werden.

In der Praxis zeichnet sich die Lichtbogenleistung von Yttrium-Wolfram-Elektroden durch ein schnelles Ansprechverhalten und eine geringe Lichtbogensausfallrate aus. Insbesondere beim gepulsten WIG-Schweißen oder bei Hochfrequenz-Lichtbogenprozessen kann die Elektrode in Millisekunden eine stabile Lichtbogensäule bilden. Diese Eigenschaft ist besonders wichtig für das Präzisionsschweißen, wie z.B. beim Mikroschweißen von elektronischen Bauteilen oder medizinischen Geräten, um den Wärmeeintrag zu reduzieren und das Werkstückmaterial zu schonen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. Procurement Information

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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

3.3.2 Lichtbogenstabilität der Yttrium-Wolframelektrode bei hoher Stromdichte

Die Lichtbogenstabilität von Yttrium-Wolfram-Elektroden bei hohen Stromdichten (50~500 A/mm²) ist einer ihrer Hauptvorteile. Die Dotierung von Yttriumoxid macht die Lichtbogensäule schlanker und komprimierter, die Lichtbogenenergie wird konzentriert und das Schmelzbad wird genau gesteuert. Experimente zeigen, dass die Lichtbogendrifraterate der Yttrium-Wolfram-Elektrode unter Hochstrombedingungen von 200 ~ 300 A weniger als 5 % beträgt, was im Vergleich zur reinen Wolframelektrode (ca. 10 % ~ 15 %) deutlich verbessert ist.

Die verbesserte Lichtbogenstabilität hängt auch mit der Mikrostruktur der Elektrodenspitze zusammen. Yttriumoxid-Partikel bilden an der Elektrodenspitze einen gleichmäßigen Emissionspunkt, wodurch ein lokales Springen oder eine Dispersion des Lichtbogens reduziert wird. Diese Eigenschaft ist besonders wichtig beim Tiefschmelzschweißen, wie z. B. beim Schweißen von dickem Edelstahl oder Titanlegierungen, wo ein stabiler Lichtbogen die Gleichmäßigkeit und Festigkeit der Schweißnaht gewährleistet.

3.3.3 Leitfähigkeit und thermionisches Emissionsvermögen von Yttrium-Wolfram-Elektroden

Die Leitfähigkeit der Yttrium-Wolfram-Elektrode liegt nahe an der von reinem Wolfram, und der spezifische Widerstand beträgt etwa $5,6 \times 10^{-8} \Omega \text{ nm}$, was etwas besser ist als die Thorium-Wolfram-Elektrode (etwa $6,0 \times 10^{-8} \Omega \text{ nm}$). Die hohe Leitfähigkeit sorgt dafür, dass die Elektrode Strom bei hohen Strömen effizient leiten kann, wodurch der Joule-Wärmeverlust reduziert und die Stabilität der Spitzentemperatur erhalten bleibt.

Die thermionische Emissionsfähigkeit ist eine weitere wichtige elektrische Eigenschaft von Yttrium-Wolframelektroden. Die geringe Fluchtarbeit und die hohe Temperaturstabilität von Yttriumoxid ermöglichen es, kontinuierlich thermische Elektronen in der Lichtbogenumgebung zu emittieren und die Kontinuität des Lichtbogens aufrechtzuerhalten. Im Vergleich zur Lanthan-Wolfram-Elektrode (WL20) oder Cer-Wolfram-Elektrode (WC20) hat die Yttrium-Wolfram-Elektrode einen höheren thermionischen Emissionswirkungsgrad bei hohem Strom (>200 A) und eignet sich daher für das Hochleistungs-Tiefschmelzschweißen.

3.4 Mechanische Eigenschaften von Yttrium-Wolfram-Elektroden

3.4.1 Kriechfestigkeit der Yttrium-Wolframelektrode bei hohen Temperaturen

Die Kriechbeständigkeit der Yttrium-Wolframelektrode bei hohen Temperaturen beruht auf der diffusionsverstärkenden Wirkung von Yttriumoxid. In einer Umgebung mit hohen Temperaturen (ca. 2000 ~ 2500 °C) neigen reine Wolframelektroden zum Kriechen, was zu Verformungen oder Brüchen der Spitze führt. Die Yttriumoxid-Partikel verbessern den Kriechwiderstand der Elektrode erheblich, indem sie die Korngrenzen fixieren und die Versetzungsbewegung hemmen. Experimente zeigen, dass die Kriechrate der Yttrium-Wolfram-Elektrode bei 2000 °C nur 30 % ~ 40 % der Kriechrate der reinen Wolframelektrode beträgt.

Diese Kriechfestigkeit ermöglicht es Yttrium-Wolframelektroden, ihre Form über lange Zeiträume beim Hochstromschweißen zu halten. Beim Titanschweißen in der Luft- und Raumfahrt beispielsweise, wo die Elektroden stundenlangem Dauerbetrieb ausgesetzt sind, sorgen die Anti-Kriech-Eigenschaften der Yttrium-Wolfram-Elektroden für eine langfristige Stabilität ihrer

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Spitzenformen.

3.4.2 Verschleißfestigkeit der Elektrodenspitze der Yttrium-Wolfram-Elektrode

Die Verschleißfestigkeit der Elektrodenspitze ist ein kritischer Faktor, der die Qualität der Schweißnaht und die Lebensdauer der Elektrode beeinflusst. Yttrium-Wolfram-Elektroden werden durch Präzisionsschleifen mit scharfen Spitzen (Spitzenradius 0,1 ~ 0,5 mm) geformt, und die Verschleißfestigkeit wird durch die verstärkende Wirkung von Yttriumoxid verbessert. Beim Hochstromschweißen wird die Elektrodenspitze einem Lichtbogenschlag und Ionenbeschuss ausgesetzt, und die Härte der Yttriumoxidpartikel (ca. 910 Mohs) widersteht effektiv dem Verschleiß und der Erosion der Spitze.

Im Vergleich zu reinen Wolframelektroden wird die Spitzenverschleißrate von Yttrium-Wolframelektroden um etwa 20% ~ 30% reduziert, insbesondere beim Wechselstromschweißen (AC). Beim Wechselstromschweißen wird die Elektrodenspitze einem schnellen Umschalten zwischen positiver und negativer Polarität ausgesetzt, und die Verschleißfestigkeit der Yttrium-Wolframelektrode gewährleistet eine langfristige Stabilität der Spitzenform, wodurch Lichtbogendrift und Schweißfehler reduziert werden.

3.4.3 Analyse der geringen Brennverlusteigenschaften und Lebensdauer von Yttrium-Wolfram-Elektroden

Die geringe Ausbrennrate von Yttrium-Wolfram-Elektroden ist eine ihrer wichtigsten mechanischen Eigenschaften. Die Abbrandrate ist in der Regel definiert als die Rate des Massenverlusts einer Elektrode bei einem bestimmten Strom und einer bestimmten Zeit. Experimente zeigen, dass die Ausbrandrate der Yttrium-Wolfram-Elektrode unter 200-A-Gleichstromschweißbedingungen nur 0,1 ~ 0,2 mg/min beträgt, was deutlich niedriger ist als die der reinen Wolframelektrode (0,3 ~ 0,5 mg/min).

Die niedrige Verbrennungsverlustrate wird durch folgende Faktoren erreicht:

Yttriumoxid erhöht die Rekristallisationstemperatur der Elektrode und reduziert das Kornwachstum bei hohen Temperaturen.

Die hohe Wärmeleitfähigkeit und der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient reduzieren die thermische Belastung an der Spitze und reduzieren Mikrorisse.

Die Oberflächenglätte der Elektrode ist hoch ($R_a < 0,4 \mu\text{m}$), wodurch das Abblättern des Materials durch Lichtbogeneinwirkungen reduziert wird.

Die Lebensdaueranalyse zeigt, dass die Lebensdauer der Yttrium-Wolframelektrode unter typischen WIG-Schweißbedingungen 100 ~ 150 Stunden erreichen kann, was etwa 30% ~ 50% länger ist als die der reinen Wolframelektrode (50 ~ 80 Stunden). Beim Hochstrom- oder Hochfrequenz-Impulsschweißen wird der Lebensdauervorteil noch deutlicher.

3.5 Sicherheits- und Umweltschutzeigenschaften von Yttrium-Wolfram-Elektroden

3.5.1 Die Vorteile der Nicht-Radioaktivität und der geringen Toxizität von Yttrium-Wolfram-

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Elektroden

Die Nicht-Radioaktivität von Yttrium-Wolfram-Elektroden ist ihr Hauptvorteil gegenüber Thorium-Wolfram-Elektroden (WT20). Thoriumwolframelektroden stellen aufgrund des Vorhandenseins von Thoriumoxid (ThO_2 , das α radioaktiv ist) ein Gesundheitsrisiko dar, und eine langfristige Exposition kann zu einer Strahlenbelastung führen. Das Yttriumoxid in Yttriumwolframelektroden ist nicht radioaktiv und entspricht den Sicherheitsstandards der Internationalen Arbeitsorganisation (ILO) und der Weltgesundheitsorganisation (WHO).

Darüber hinaus haben Yttrium-Wolfram-Elektroden aufgrund ihrer geringen Toxizitätseigenschaften nur minimale Auswirkungen auf die Gesundheit der Bediener während der Produktion und des Gebrauchs. Yttriumoxid und Wolfram sind beides chemisch inerte Substanzen, die nicht zur Verflüchtigung neigen oder schädliche Gase erzeugen. Während des Schweißprozesses gibt die Yttrium-Wolframelektrode keine giftigen Dämpfe ab, wodurch das Risiko einer Exposition der Atemwege und der Haut für den Bediener verringert wird.

3.5.2 Umweltverträglichkeits- und Nachhaltigkeitsprüfung von Yttrium-Wolframelektroden

Der Umweltschutz von Yttrium-Wolframelektroden spiegelt sich in ihrer geringen Umweltbelastung bei ihrer Herstellung und Verwendung wider. Im Vergleich zu Thorium-Wolfram-Elektroden benötigen Yttrium-Wolfram-Elektroden keine speziellen Anlagen zur Behandlung radioaktiver Abfälle, wodurch das Risiko einer Umweltverschmutzung verringert wird. Moderne Verfahren wie Sprühdotierung und Hochtemperaturesintern erhöhen die Nachhaltigkeit in der Produktion, indem sie die Energienutzung optimieren und Abfallemissionen reduzieren.

Aus der Perspektive des Lebenszyklus reduzieren die Langlebigkeitseigenschaften von Yttrium-Wolframelektroden die Häufigkeit des Elektrodenwechsels, wodurch der Ressourcenverbrauch und die Abfallerzeugung reduziert werden. Darüber hinaus können sowohl Wolfram- als auch Yttriumoxid recycelt werden, wodurch durch Hochtemperatureschmelzen und chemische Reinigung eine Rückgewinnungsrate von mehr als 90 % erreicht wird, die den Anforderungen der Kreislaufwirtschaft entspricht.

3.5.3 Arbeitsschutzvorschriften für Yttrium-Wolfram-Elektroden

Die Arbeitsschutzvorgaben für Yttrium-Wolframelektroden umfassen im Wesentlichen folgende Aspekte:

Betriebssicherheit: Beim Schweißen sollten Schutzbrillen und Handschuhe getragen werden, um Schäden an Augen und Haut durch Lichtbögen zu vermeiden.

Anforderungen an die Belüftung: Obwohl Yttrium-Wolframelektroden ungiftig sind, können sie während des Schweißvorgangs eine geringe Menge Metallrauch erzeugen, stellen Sie also sicher, dass der Arbeitsplatz gut belüftet ist.

Lagerung und Transport: Elektroden sollten in einer trockenen und belüfteten Umgebung gelagert werden, um Feuchtigkeit oder mechanische Beschädigungen zu vermeiden. Während des Transports ist eine stoßfeste Verpackung erforderlich, um ein Brechen der Elektroden zu verhindern.

Abfallentsorgung: Altelektroden sollten sortiert und recycelt werden, um eine zufällige Entsorgung

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

zu vermeiden.

3.6 China Wolfram Intelligent Manufacturing Yttrium Wolframelektrode Sicherheitsdatenblatt

Teil 1: Produktname

Name: Yttrium-Wolframelektrode (WY20)

CAS-Nr.: 7440-33-7

Teil 2: Zusammensetzung/Informationen zur Zusammensetzung

Chemische Zusammensetzung: Wolfram (W, 98% ~ 99,5%), Yttriumoxid (Y_2O_3 , 1,8% ~ 2,2%),
Spurenverunreinigungen (<0,1%).

Physikalischer Zustand: solide Stabform, blaues Beschichtungslogo.

Teil 3: Überblick über die Gefahr

Gesundheitsgefahren: Dieses Produkt reizt Augen und Haut nicht.

Explosionsgefahr: Dieses Produkt ist nicht brennbar und nicht reizend.

Teil 4: Erste-Hilfe-Maßnahmen

Hautkontakt: Kontaminierte Kleidung ausziehen und mit viel fließendem Wasser abspülen.

Blickkontakt: Heben Sie das Augenlid an und spülen Sie es mit fließendem Wasser oder
Kochsalzlösung ab. Ärztliche Behandlung.

Einatmen: Verlassen Sie die Szene an der frischen Luft. Wenn das Atmen schwierig ist, geben Sie
Sauerstoff. Ärztliche Behandlung.

Essen: Trinken Sie so viel warmes Wasser, dass es zu Erbrechen kommt. Ärztliche Behandlung.

Teil 5: Brandschutzmaßnahmen

Schädliche Verbrennungsprodukte: Natürliche Zersetzungsprodukte sind unbekannt.

Löschmethoden: Feuerwehrleute müssen Gasmasken und Ganzkörper-Feuerwehrranzüge tragen, um
das Feuer in Windrichtung zu löschen. Feuerlöschmittel: trockenes Lederpulver, Sand.

Teil 6: Notfallbehandlung von Leckagen

Notfallbehandlung: Isolieren Sie den undichten Verschmutzungsbereich und beschränken Sie den
Zugang. Schneide den Brandherd ab. Es wird empfohlen, dass das Einsatzpersonal Staubmasken
(Vollmasken) und Antigaskleidung trägt. Vermeiden Sie Staub, fegen Sie ihn vorsichtig auf und
bringen Sie ihn in einer Tasche an einen sicheren Ort. Wenn es eine große Menge an Leckagen gibt,
decken Sie sie mit Plastikfolie oder Leinwand ab. Sammeln und recyceln oder zur Entsorgung zu
Abfallbehandlungsanlagen transportieren.

Teil 7: Betrieb, Entsorgung und Lagerung

Vorsichtsmaßnahmen für den Betrieb: Die Bediener müssen eine spezielle Schulung absolvieren
und sich strikt an die Betriebsverfahren halten. Es wird empfohlen, dass der Bediener
selbstansaugende Filterstaubmasken, Chemikalienschutzbrillen, Arbeitskleidung gegen giftige
Durchdringung und Gummihandschuhe trägt. Abseits von Feuer- und Wärmequellen ist das

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Rauchen am Arbeitsplatz strengstens verboten. Verwenden Sie explosionsgeschützte Lüftungssysteme und -geräte. Vermeiden Sie Staub. Vermeiden Sie den Kontakt mit Oxidationsmitteln und Halogenen. Bei der Handhabung sollte es leicht be- und entladen werden, um Schäden an Verpackung und Behältern zu vermeiden. Ausgestattet mit den entsprechenden Sorten und Mengen an Feuerlöschgeräten und Geräten zur Notfallbehandlung von Leckagen. Leere Behälter können Schadstoffe hinterlassen.

Vorsichtsmaßnahmen bei der Lagerung: In einem kühlen, belüfteten Lager lagern. Halten Sie sich von Feuer und Wärmequellen fern. Es sollte getrennt von Oxidationsmitteln und Halogenen gelagert und nicht vermischt werden. Ausgestattet mit entsprechenden Sorten und Mengen an Feuerlöschgeräten. Der Lagerbereich sollte mit geeigneten Materialien ausgestattet sein, um das Verschütten einzudämmen.

Teil VIII: Kontaktkontrolle/Personenschutz

China MAC (mg/m³): 6

Ehemaliger sowjetischer MAC (mg/m³): 6

TLVTN:ACGIH 1mg/m³

TLVWN:ACGIH 3mg/m³

Überwachungsmethode: Kaliumthiocyanid-Titanchlorid-Spektrometrie

Technische Kontrolle: staubfreier Produktionsprozess und vollständige Belüftung.

Schutz der Atemwege: Wenn die Staubkonzentration in der Luft die Norm überschreitet, muss eine selbstansaugende Filterstaubmaske getragen werden. Bei einer Evakuierung im Notfall sollten Sie eine Atemschutzmaske tragen.

Augenschutz: Tragen Sie eine chemische Schutzbrille.

Körperschutz: Tragen Sie Arbeitskleidung gegen Giftdurchdringung.

Handschutz: Gummihandschuhe tragen.

Teil 9: Physikalische und chemische Eigenschaften

Hauptbestandteile: reines Produkt

Optik und Eigenschaften: massiv, metallisch hellweiß

Schmelzpunkt (°C): N/A

Siedepunkt (°C): N/A

Relative Dichte (Wasser=1): 13~18,5 (20°C)

Dampfdichte (Luft=1): Keine Daten

Sättigungsdampfdruck (kPa): Keine Daten

Verbrennungswärme (kJ/mol): Keine Angabe

Kritische Temperatur (°C): Keine Daten

Kritischer Druck (MPa): Keine Daten

Logarithmischer Wert des Wasserverteilungskoeffizienten: Keine Daten

Flammpunkt (°C): Keine Daten

Zündtemperatur (°C): Keine Daten

Explosionsgrenze % (V/V): Keine Daten

Untere Explosionsgrenze % (V/V): Keine Daten

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Löslichkeit: löslich in Salpetersäure und Flusssäure

Hauptverwendung: Wird zur Herstellung von Abschirmteilen, Dartschäften aus Wolframlegierungen, Kugeln aus Wolframlegierung usw. verwendet

Teil 10: Stabilität und Reaktivität

Verbotene Inhaltsstoffe: starke Säuren und Laugen.

Teil XI:

Akute Toxizität: keine Daten

LC50: Keine Daten

Teil 12: Ökologische Daten

Zu diesem Teil gibt es keine Daten

Teil 13: Abfallentsorgung

Abfallentsorgungsmethode: Beziehen Sie sich vor der Entsorgung auf die einschlägigen nationalen und lokalen Vorschriften. Wenn möglich, recyceln.

Teil 14: Versandinformationen

Gefahrgutnummer: Keine Angabe

Verpackungskategorie: Z01

Transportvorkehrungen: Die Verpackung sollte vollständig sein und die Verladung sollte sicher sein. Stellen Sie während des Transports sicher, dass der Behälter nicht undicht wird, zusammenbricht, herunterfällt oder beschädigt wird. Es ist strengstens verboten, Oxidationsmittel, Halogene, essbare Chemikalien usw. zu mischen und zu transportieren. Während des Transports sollte es vor Sonneneinstrahlung, Regen und hohen Temperaturen geschützt werden. Das Fahrzeug sollte nach dem Transport gründlich gereinigt werden.

Teil 15: Regulatorische Informationen

Regulatorische Informationen: Vorschriften über das Sicherheitsmanagement von chemischen Gefahrgütern (vom Staatsrat am 17. Februar 1987 erlassen), Durchführungsbestimmungen zu den Vorschriften über das Sicherheitsmanagement von chemischen Gefahrgütern (Hua Lao Fa [1992] Nr. 677), Vorschriften über die sichere Verwendung von Chemikalien am Arbeitsplatz ([1996] Arbeitsministerium Fa Nr. 423) und andere Vorschriften, die entsprechende Bestimmungen über die sichere Verwendung, Herstellung, Lagerung, Beförderung, Be- und Entladung chemischer Gefahrgüter enthalten. Die Hygienenorm für Wolfram in der Werkstattluft (GB 16229-1996) legt die maximal zulässige Konzentration und das Nachweisverfahren des Stoffes in der Werkstattluft fest.

Teil 16: Lieferanteninformationen

Lieferant: CTIA GROUP LTD

Telefon: 0592-5129696/5129595

[Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)



Kapitel 4 Herstellungsprozess und Technologie der Yttrium-Wolframelektrode

4.1 Aufbereitung von Rohstoffen für Yttrium-Wolfram-Elektroden

4.1.1 Siebung und Aufbereitung von hochreinem Wolframpulver

Die Herstellung der Yttrium-Wolframelektrode beginnt mit dem Screening und der Herstellung von hochreinem Wolframpulver, und die Qualität des Wolframpulvers wirkt sich direkt auf die physikalischen, chemischen und elektrischen Eigenschaften der Elektrode aus. Wolframpulver wird in der Regel aus Ammoniumparawolframat (APT) oder Wolframtrioxid (WO_3) durch ein Wasserstoffreduktionsverfahren hergestellt. Bei der Herstellung von Yttrium-Wolfram-Elektroden muss die Reinheit des Wolframpulvers mehr als 99,95 % erreichen, um die Stabilität der Elektrode in der Hochtemperatur-Lichtbogenumgebung zu gewährleisten. Der Gehalt an Verunreinigungen (z. B. Eisen, Nickel, Kohlenstoff usw.) sollte unter 50 ppm gehalten werden, da selbst Spuren von Verunreinigungen während des Schweißprozesses zum Durchbrennen der Elektrode oder zur Lichtbogensdrift führen können.

Die Partikelgrößenverteilung von Wolframpulver ist ein wichtiger Parameter für die Siebung. Der ideale Partikelgrößenbereich von Wolframpulver beträgt 1 ~ 5 μm , und zu große Partikel (>10 μm) führen dazu, dass das Korn nach dem Sintern grob wird, wodurch die mechanische Festigkeit der Elektrode verringert wird. Zu kleine Partikel (<0,5 μm) können das Sintern erschweren und die Dichte der Elektrode beeinträchtigen. Das moderne Aufbereitungsverfahren verwendet die

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Luftstromklassifizierungstechnologie, um Wolframpulver zu sieben, und durch die präzise Steuerung der Luftströmungsgeschwindigkeit und der Siebgröße wird Wolframpulver mit gleichmäßiger Partikelgröße getrennt. Darüber hinaus muss auch die Morphologie des Wolframpulvers optimiert werden, und die nahezu kugelförmigen Partikel werden bevorzugt, da die kugelförmigen Partikel beim anschließenden Mischen und Sintern eine bessere Fließfähigkeit aufweisen, was zur Verbesserung der Gleichmäßigkeit der Elektrode beiträgt.

Der Herstellungsprozess von Wolframpulver umfasst in der Regel die folgenden Schritte:

Reduktion: APT oder WO_3 wird in einer Wasserstoffatmosphäre ($600\sim 900^\circ C$) zweimal reduziert, um hochreines Wolframpulver zu erzeugen.

Sieben: Siebung der Wolframpulver mit Zielpartikelgröße durch ein Vibrationssieb oder eine Luftstromsortieranlage.

Reinigung: Das Beizen (verdünnte Salzsäure oder Salpetersäure) wird verwendet, um Oberflächenoxide und Verunreinigungen zu entfernen.

Trocknung: Trocknung bei niedriger Temperatur ($<200^\circ C$) in einer Vakuum- oder Inertgasumgebung, um die Oxidation von Wolframpulver zu verhindern.

4.1.2 Reinigung und Qualitätskontrolle von Yttriumoxid

Yttriumoxid (Y_2O_3) ist eine wichtige Dotierungskomponente von Yttrium-Wolframelektroden, und seine Reinheit und Qualität wirken sich direkt auf die Elektronenemissionsleistung und die Hochtemperaturstabilität der Elektrode aus. Yttriumoxid wird in der Regel aus Yttriumerzen wie Monazit oder Fluorocerium extrahiert und durch Lösungsmittelextraktion und Ionenaustauschverfahren auf über 99,99 % gereinigt. Während des Reinigungsprozesses sollte der Gehalt an Verunreinigungselementen (wie Kalzium, Silizium, Eisen) streng kontrolliert werden, und die Gesamtzielverunreinigung sollte < 100 ppm betragen, um negative Auswirkungen auf die Elektrodenleistung zu vermeiden.

Die Kontrolle der Partikelgröße von Yttriumoxid ist ebenfalls von entscheidender Bedeutung. Die ideale Größe von Yttriumoxidpartikeln beträgt $0,5 \sim 2 \mu m$, und zu große Partikel führen zu einer ungleichmäßigen Dotierung und verringern die Lichtbogenstabilität der Elektrode. Zu kleine Partikel ($<0,1 \mu m$) können während des Sinterprozesses agglomerieren und die Mikrostruktur der Elektrode beeinträchtigen. Moderne Verfahren verwenden die Sprühtrocknungstechnologie, um Yttriumoxidpartikel herzustellen und durch Steuerung der Sprühgeschwindigkeit und Trocknungstemperatur Gleichmäßigkeit und Fließfähigkeit zu gewährleisten.

Zu den Maßnahmen zur Qualitätskontrolle gehören:

Chemische Analyse: Die Emissionsspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES) wurde verwendet, um die Reinheit und den Verunreinigungsgehalt von Yttriumoxid zu detektieren.

Partikelgrößenanalyse: Verwenden Sie einen Laser-Partikelgrößenanalysator, um die Partikelverteilung zu messen und die Einhaltung des Zielbereichs sicherzustellen.

Morphologische Untersuchung: Die Morphologie der Yttriumoxid-Partikel wird mittels

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Rasterelektronenmikroskopie (REM) beobachtet, wobei nahezu kugelförmige Partikel bevorzugt werden.

4.1.3 Auswahl und Optimierung von Hilfsadditiven

Bei der Herstellung von Yttrium-Wolfram-Elektroden werden Hilfsadditive verwendet, um die Fließfähigkeit des Pulvers, die Sinterereigenschaften oder die mechanischen Eigenschaften der Elektroden zu verbessern. Zu den häufig verwendeten Additiven gehören:

Bindemittel: wie Polyvinylalkohol (PVA) oder Polyethylenglykol (PEG), die zur Verbesserung der Formleistung von Pulvern verwendet werden, werden normalerweise 0,1% ~ 0,5% zugesetzt.

Dispergiermittel: wie Ammoniumpolyacrylat (PAA), das verwendet wird, um die Agglomeration von Yttriumoxidpartikeln zu verhindern, mit einer Zugabemenge von etwa 0,05% ~ 0,2%.

Sinterhilfsstoffe: wie z. B. eine kleine Menge Lanthanoxid (La_2O_3) oder Ceroxid (CeO_2), die zur Senkung der Sintertemperatur und zur Erhöhung der Elektrodendichte verwendet wird, und die Zugabemenge beträgt $< 0,1\%$.

Bei der Auswahl der Additive sollte ihre Flüchtigkeit während des Hochtemperatur-Sinterprozesses berücksichtigt werden, um Rückstände zu vermeiden, die die elektrischen Eigenschaften der Elektrode beeinträchtigen. Zum Beispiel kann PVA bei 600~800°C vollständig zersetzt werden, ohne dass organische Reststoffe in der Elektrode vorhanden sind. Experimente zur Optimierung des Additivverhältnisses werden in der Regel durch orthogonales Design durchgeführt, um die Auswirkungen von Additiven auf die Elektrodendichte, Härte und Lichtbogenleistung umfassend zu bewerten.

4.2 Pulvermetallurgischer Prozess der Yttrium-Wolfram-Elektrode

4.2.1 Misch- und Dotierungstechnik von Yttriumwolframpulver

Das Mischen und Dotieren von Yttrium-Wolframpulver ist ein wichtiger Schritt bei der Herstellung homogener Elektroden. Yttriumoxid muss gleichmäßig in der Wolframmatrix verteilt sein, um die Lichtbogenstabilität und die mechanischen Eigenschaften der Elektrode zu gewährleisten. Zu den häufig verwendeten Dopingtechniken gehören:

Nassdotierung: Eine wässrige Lösung aus Yttriumoxid, typischerweise Yttriumnitrat, wird auf Wolframpulver oder Wolframtrioxid-Rohmaterial gesprüht, um eine gleichmäßige Durchmischung durch Rühren und Ultraschalldispergieren zu gewährleisten. Anschließend wurde das Wolfram-Yttrium-Verbundpulver durch Sprühtrocknung geformt und die Partikelgröße bei 2~5 μm kontrolliert.

Trockendotierung: Yttriumoxidpulver wird direkt mit Wolframpulver vermischt, und die mechanische Legierung erfolgt mit Hilfe von Hochenergie-Kugelmahlanlagen. Während des Kugelfräsprozesses müssen die Drehzahl (200~400 U/min) und die Zeit (48 Stunden) kontrolliert werden, um zu feine Partikel oder Verunreinigungen zu vermeiden.

Plasmaspritz-Dotierung: Bei der Plasmaspritztechnologie werden Yttriumoxid-Partikel auf die Oberfläche von Wolframpulver gesprüht, um eine Beschichtungsstruktur zu bilden. Diese Methode eignet sich für die Elektrodenvorbereitung mit einem hohen Gehalt an Yttriumoxid ($> 2,5\%$).

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Die Gleichmäßigkeit der Verteilung von Yttriumoxid sollte während des Dotierungsprozesses streng kontrolliert werden. Moderne Verfahren analysieren die Elementverteilung von dotierten Pulvern mittels Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA) oder energiedispersiver Spektroskopie (EDS) und stellen sicher, dass die Abweichung des Massenanteils von Yttriumoxid $\leq \pm 0,1\%$ beträgt.

4.2.2 Hochdruckumformung und isostatisches Pressverfahren

Nachdem Yttrium-Wolframpulver gemischt wurde, muss es durch Hochdruckformen zu Elektrodenrohlingen verarbeitet werden. Zu den gängigen Verfahren der Hochdruckumformung gehören:

Formpressen: Dotiertes Pulver wird in die Form geladen und unter einem Druck von 50 ~ 100 MPa zu Rohlingen gepresst. Das Formpressen eignet sich für die Kleinserienproduktion, aber die interne Dichteverteilung des Rohlings kann ungleichmäßig sein.

Kaltisostatisches Pressen (CIP): Das Pulver wird in eine flexible Form geladen und ein gleichmäßiger Druck von 200~300 MPa wird in das flüssige Medium angewendet. Das CIP-Verfahren kann die Dichte des Knüppels erheblich erhöhen (bis zu 60 % ~ 70 % der theoretischen Dichte) und die innere Porosität reduzieren, wodurch es für die Hochleistungselektrodenproduktion geeignet ist.

Der Vorteil des isostatischen Pressverfahrens besteht darin, dass der Druck gleichmäßig ist, wodurch eine Spannungskonzentration in der Knüppelstange vermieden wird. Die Prozessparameter (wie Druck, Haltezeit) müssen entsprechend der Pulverpartikelgröße und dem Additivverhältnis optimiert werden, in der Regel beträgt die Haltezeit 30 ~ 60 Sekunden, um die Formstabilität und Festigkeit des Knüppels zu gewährleisten.

4.2.3 Hochtemperatursintern und Atmosphärenregelung (Wasserstoff, Vakuumsintern)

Das Hochtemperatursintern ist ein zentraler Schritt bei der Herstellung von Yttrium-Wolfram-Elektroden, mit dem Ziel, die Dichte und die mechanischen Eigenschaften der Elektroden zu verbessern. Das Sintern wird in der Regel in einer Wasserstoff- oder Vakuumatmosphäre durchgeführt, und die Prozessparameter umfassen:

Wasserstoffsintern: Wasserstoff wird in einer Wasserstoffatmosphäre von 1800 ~ 2200 °C durchgeführt und verhindert die Oxidation von Wolframpulver und fördert gleichzeitig die gleichmäßige Verteilung von Yttriumoxidpartikeln. Die Sinterzeit beträgt 24 Stunden und die Heizrate wird auf 5 ~ 10 °C / min gesteuert, um ein schnelles Wachstum der Körner zu vermeiden.
Vakuumsintern: Bei der Durchführung in einer Vakuumumgebung von 10^{-3} ~ 10^{-5} Pa beträgt die Sintertemperatur 2000~2400°C. Das Vakuumsintern kann die Adsorption von Gasverunreinigungen reduzieren und eignet sich für die Herstellung von hochreinen Elektroden.

Während des Sinterprozesses sollte die Reinheit der Atmosphäre (Sauerstoffgehalt < 10 ppm) streng kontrolliert werden, um eine Oxidation oder die Bildung von flüchtigen WO_3 -Bestandteilen auf der Elektrodenoberfläche zu verhindern. Die Elektrodendichte nach dem Sintern kann mehr als 98% der theoretischen Dichte erreichen, und die Korngröße wird auf 5~10 μm gesteuert, um die

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

mechanische Festigkeit und Lichtbogenstabilität der Elektrode zu gewährleisten.

4.3 Bearbeitung und Veredelung von Yttrium-Wolfram-Elektroden

Die Verarbeitung und Veredelung von Yttrium-Wolframelektroden sind die wichtigsten Schritte bei der Umwandlung von gesinterten Rohlingen in Elektrodenstäbe, die den Standardspezifikationen (ISO 6848, GB/T 4192) entsprechen, und umfassen Prozesse wie Heißkalandrieren, Präzisionsziehen, Oberflächenpolieren, Spitzenformen und kundenspezifisches Schneiden. Diese Prozesse wirken sich direkt auf die Maßgenauigkeit, die Oberflächenqualität und die Lichtbogenleistung der Elektroden aus.

4.3.1 Heißkalandrieren und Präzisionsziehen

Heißkalandrierungsprozess: Das Heißkalandrieren ist der Kernprozess der Verarbeitung von gesinterten Yttrium-Wolfram-Knüppelstreifen (Durchmesser 10 ~ 20 mm, Länge 100 ~ 300 mm) zu Stangen mit kleinerem Durchmesser (3 ~ 5 mm). Das Heißkalandrieren wird in einer Hochtemperaturumgebung durchgeführt, um die Anforderungen an die Härte und Duktilität von Wolfram zu reduzieren und eine gleichmäßige Verformung und keine Risse im Rohling zu gewährleisten.

Prozessparameter:

Temperatur: 1400 ~ 1600 °C, niedriger als die Rekristallisationstemperatur von Wolfram (>2000 °C), um übermäßige Körner zu vermeiden.

Walzbahnen: 5 ~ 10 Durchgänge, der Durchmesser jedes Durchgangs wird um 0,51 mm reduziert und die kumulative Verformung beträgt 70% ~ 80%.

Rollenmaterial: Wolfram-Molybdän-Legierung oder Keramikverbundwerkstoff, beständig gegen hohe Temperaturen (> 1500 °C) und verschleißfest.

Schutzatmosphäre: Argon- oder Stickstoffgas (Durchflussmenge 10~15 L/min, Sauerstoffgehalt < 10 ppm), um die Oxidation der Wolframoberfläche zu bildenden WO₃-flüchtigen Stoffen zu verhindern.

Heizrate: 5 ~ 10 °C / min, um Mikrorisse durch thermische Belastung zu vermeiden.

Ausrüstung:

Hochtemperatur-Heißkalandrierer: Ausgestattet mit Infrarot-Thermometern (Genauigkeit ±2 °C) und Atmosphärenkontrollsystemen, um die Temperatur- und Oxidationskontrolle zu gewährleisten.

Mehrwalzwerk: Vierwalzen- oder Sechswalzenausführung, Walzkraft 100~200 kN, Genauigkeit ± 0,1 mm.

Qualitätsanforderungen:

Oberflächenrauheit Ra<1,0 µm, keine sichtbaren Kratzer oder Oxidschichten.

Durchmessertoleranz ±0,1 mm, Rundheitsabweichung <0,05 mm.

Herausforderungen und Optimierungen:

Herausforderung: Die Sprödigkeit von Wolfram bei hohen Temperaturen kann zu Rissen führen, die

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

eine präzise Steuerung der Temperatur und der Verformungsrate erfordern.

Optimierung: Es wird ein mehrstufiges progressives Walzen angewendet, der Verformungsbetrag beträgt $< 15\%$ pro Durchgang und die inneren Risse werden mit einem Online-Ultraschalldetektor (Frequenz 5~10 MHz) überwacht.

Präzisionsziehverfahren: Beim Präzisionsziehen wird der heißkalandrierte Stab weiter auf den Zieldurchmesser (0,5 ~ 4,8 mm) bearbeitet, um hochpräzise Schweißanforderungen (z. B. Mikroschweißen, Luft- und Raumfahrt) zu erfüllen. Der Ziehprozess sorgt dafür, dass die Elektrodenoberfläche glatt, maßgenau und frei von inneren Spannungen ist.

Prozessparameter:

Ziehform: Diamantform (Genauigkeit des Lochdurchmessers $\pm 0,01$ mm), verschleißfest und glatte Oberfläche.

Zuggeschwindigkeit: 0,5 ~ 2 m / min, zu hohe Geschwindigkeit kann zu Kratzern auf der Oberfläche führen, zu niedrige Geschwindigkeit verringert die Effizienz.

Schmiermittel: Graphitemulsion (Viskosität 0,1~0,3 Pa·s) oder Schmiermittel auf Molybdänbasis (MoS₂) zur Verringerung des Reibungskoeffizienten ($< 0,1$).

Ziehbahnen: 10 ~ 15 Durchgänge, der Durchmesser jedes Durchgangs wird um 0,1 ~ 0,3 mm reduziert und die kumulative Verformung beträgt $> 90\%$.

Zugregelung: Die Zugkraft (10~50 kN) wird von einem Servomotor gesteuert, um die Maßhaltigkeit zu gewährleisten.

Ausrüstung:

Präzisionsziehmaschine: Ausgestattet mit Zugkraftsensor (Genauigkeit $\pm 0,1$ kN) und Laser-Durchmessermessgerät (Genauigkeit $\pm 0,005$ mm).

Schmiersystem: Automatisches Sprühen des Schmiermittels, Durchflussmenge 0,1 ~ 0,5 l / min, um eine Überhitzung der Form zu verhindern.

Qualitätsanforderungen:

Durchmessertoleranz $\pm 0,05$ mm, Oberflächenrauheit $Ra < 0,4$ μm .

Keine Oberflächenkratzer, Risse oder Eigenspannungen, und die innere Fehlerrate $< 0,5$ %.

Herausforderungen und Optimierungen:

Herausforderung: Maßabweichungen durch Verschleiß von Diamantformen, die regelmäßig ausgetauscht werden mussten (alle 100.000 Meter gezogen).

Optimierung: Einführung eines Online-Laser-Durchmessermessgeräts und einer Röntgentomographie (XCT, Auflösung < 1 μm) zur Überwachung von dimensionalen und internen Defekten in Echtzeit.

Entwicklungstrend:

Entwicklung einer plasmagestützten Hochtemperatur-Walztechnologie, um die Walztemperatur (1200 ~ 1400 °C) zu senken und den Energieverbrauch um 20 % ~ 30 % zu senken.

Verwenden Sie nanobeschichtete Formen (wie TiN oder CrN), um die Lebensdauer der Form um

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

50 % zu verlängern und die Ziehgenauigkeit zu verbessern.

4.3.2 Oberflächenpolieren und Spitzenformen

Oberflächenpolierprozess: Das Oberflächenpolieren ist ein entscheidender Schritt zur Verbesserung der Lichtbogenstabilität und Langlebigkeit von Yttrium-Wolframelektroden. Eine glatte Oberfläche ($R_a < 0,4 \mu\text{m}$) reduziert die Lichtbogendrift (Zielwert $< 5 \%$) und das Ausbrennen der Spitze ($< 0,2 \text{ mg/min}$) und reduziert die durch Oberflächenfehler verursachte Lichtbogeninstabilität.

Mechanisches Polieren:

Prozess: Verwenden Sie eine Diamantschleifscheibe (Körnung 2000 ~ 3000 mesh) oder ein Aluminiumoxid-Polierband mit einer Poliergeschwindigkeit von 13 m / min.

Ausrüstung: CNC-Poliermaschine, ausgestattet mit automatischem Vorschubsystem (Genauigkeit $\pm 0,01 \text{ mm}$) und Kühlmittelzirkulationsvorrichtung (Durchflussmenge 5~10 L/min).

Qualitätsanforderungen: Oberflächenrauheit $R_a < 0,4 \mu\text{m}$, keine Kratzer oder Mikrorisse.

Vorteile: Geeignet für die Großserienproduktion und niedrige Kosten.

Nachteile: Es können Spuren von Schleifrückständen eingebracht werden, die später gereinigt werden müssen.

Elektrochemisches Polieren:

Prozess: Schwefelsäure-Phosphorsäure-Mischelektrolyt (Verhältnis 1:1, Konzentration 10% 20%), Spannung 515 V, Stromdichte $0,52 \text{ A/cm}^2$, Polierzeit 1030 Sekunden.

Ausstattung: Elektrochemische Poliermaschine mit Konstantstromversorgung (Genauigkeit $\pm 0,1 \text{ V}$) und Rührsystem (Drehzahl 100~200 U/min).

Qualitätsanforderungen: Oberflächenrauheit $R_a < 0,2 \mu\text{m}$, keine Oxidschicht oder Korrosionsgrube.

Vorteile: Hohe Oberflächengüte, geeignet für hochpräzises Löten (z.B. Halbleiter).

Nachteile: Hohe Kosten für die Elektrolytaufbereitung und Umweltschutzmaßnahmen.

Qualitätskontrolle:

Die Rauheit wurde mit einem Laser-Oberflächenscanner (Auflösung $< 0,01 \mu\text{m}$) erfasst.

Optische Mikroskope (Vergrößerung 100~500 \times) untersuchen Oberflächenfehler, um sicherzustellen, dass keine Kratzer oder Anzeichen von Oxidation vorhanden sind.

Spitzenformverfahren: Durch das Spitzenformen werden Spitzen mit bestimmten Winkeln ($15^\circ \sim 60^\circ$) und Radien ($0,1 \sim 0,5 \text{ mm}$) durch Präzisionsschleifen hergestellt, um die Lichtbogenkonzentration und die Lichtbogenleistung zu optimieren. Unterschiedliche Schweißverfahren stellen spezifische Anforderungen an die Spitzenformen:

Prozessparameter:

Auswahl des Winkels:

$15^\circ \sim 30^\circ$: Geeignet für Mikroschweißen (Strom 5~50 A), Lichtbogenkonzentration, Wärmeeinflusszone $< 0,1 \text{ mm}$.

$30^\circ \sim 45^\circ$: Allgemeines WIG-Schweißen (Strom 50~200 A) zum Ausgleich von Lichtbogenstabilität und Lebensdauer.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

45°~60°: Plasma-Lichtbogenschweißen (Strom >200 A), geeignet für Tiefschmelz- und Hochtemperaturumgebungen.

Spitzenradius: 0,1 ~ 0,2 mm (Mikroschweißen), 0,3 ~ 0,5 mm (Hochstromschweißen).

Schleifausrüstung: CNC-Schleifmaschine, ausgestattet mit Diamantschleifscheibe (Körnung 3000 Mesh), Drehzahl 1000 ~ 5000 U / min.

Ausrüstung:

CNC-Schleifmaschine: unterstützt mehrachsige Steuerung (Genauigkeit $\pm 0,01^\circ$), programmierbare Spitzenform.

Kühlsystem: Verwenden Sie Kühlmittel auf Wasserbasis (Durchflussmenge 5 ~ 10 l / min), um eine Überhitzung der Spitze zu vermeiden.

Qualitätsanforderungen:

Die Abweichung des Spitzenwinkels beträgt $< \pm 1^\circ$ und die Radiusabweichung $< \pm 0,02$ mm.

Keine Grate oder Mikrorisse, Oberflächenrauheit $Ra < 0,2$ μm .

Herausforderungen und Optimierungen:

Herausforderung: Die Konsistenz des Spitzenschliffs ist schwer zu garantieren, und die manuelle Bedienung kann leicht zu Abweichungen führen.

Optimierung: Einführung eines visuellen Erkennungssystems (Auflösung $< 0,01$ mm) zur automatischen Erkennung der Spitzenform; Entwickeln Sie spezielle Vorrichtungen, um gleichbleibende Schleifwinkel zu gewährleisten.

Entwicklungstrend:

Laserpoliertechnologie: Verwenden Sie einen gepulsten Laser (Leistung 1 ~ 5 kW), um die Elektrodenoberfläche zu polieren, Rauheit $Ra < 0,1$ μm , keine chemische Abfallflüssigkeit.

Intelligentes Schleifsystem: Kombiniert KI-Algorithmen zur Optimierung von Spitzenwinkeln und Radien, passt sich an verschiedene Schweißszenarien an und verbessert die Konsistenz um > 95 %.

4.3.3 Elektrodenschneiden und kundenspezifische Verarbeitung

Elektrodenschneidverfahren: Beim Elektrodenschneiden werden lange Stäbe in Standardlängen (50 ~ 175 mm) geschnitten, um manuelle oder automatisierte Schweißanforderungen zu erfüllen. Schneiden, um sicherzustellen, dass der Schnitt flach und gratfrei ist und Mikrorisse durch thermische Belastung vermieden werden.

Diamant-Trennscheibe:

Prozess: Verwenden Sie eine Diamantschneidscheibe (Partikelgröße 500 ~ 1000 Mesh), Drehzahl 2000 ~ 5000 U / min, Schnittgeschwindigkeit 0,1 ~ 0,5 m / min.

Ausrüstung: CNC-Schneidemaschine, ausgestattet mit Kühlmitelespritzsystem (Durchflussmenge 10~20 L/min).

Qualitätsanforderungen: Ebenheit der Schnitte $< 0,05$ mm, keine Mikrorisse oder Wärmeeinflusszonen.

[Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Vorteile: Geeignet für die Großserienproduktion und niedrige Kosten.

Nachteile: Die Trennscheibe ist verschlissen und muss regelmäßig ausgetauscht werden.

Laserschneidtechnik:

Prozess: Faserlaser (Leistung 13 kW) mit einer Schnittgeschwindigkeit von 0,52 m/min und einem Brennpunktdurchmesser < 0,1 mm.

Ausrüstung: Laserschneidmaschine, ausgestattet mit Inertgasschutz (Argon, Durchflussmenge 10~15 L/min).

Qualitätsanforderungen: Schnittgenauigkeit $\pm 0,1$ mm, keine thermischen Spannungsrisse.

Vorteil: Hohe Präzision, geeignet für nicht standardmäßige Längenschnitte.

Nachteile: Hohe Kosten für die Ausrüstung.

Qualitätskontrolle:

Die Schnittqualität wurde mit einem Lichtmikroskop (50× Vergrößerung) überprüft.

Der Ultraschalldetektor (Frequenz 5~20 MHz) erkennt interne Mikrorisse (Länge < 0,1 mm).

Kundenspezifische Bearbeitung: Die kundenspezifische Bearbeitung erfüllt spezielle Schweißanforderungen, wie z. B. speziell geformte Elektroden (gebogen, konisch, mehrspitzig) oder Elektroden in nicht standardmäßigen Größen.

Anwendungsszenarien:

Biegeelektroden: Krümmungsradius 5~10 mm, geeignet für komplexe Schweißnähte (z.B. Luft- und Raumfahrtkomponenten).

Konische Elektrode: Spitzenwinkel 60° ~ 90° , wird für die additive Fertigung mit Plasmalichtbogen verwendet, Stapelgenauigkeit $\pm 0,05$ mm.

Mehrspitzenelektrode: 0,5 ~ 2 mm Spitzenabstand, geeignet für Mehrpunktschweißen für die Batteriemontage.

Handwerk:

CNC-Drehmaschinen: Bearbeitung von gebogenen oder konischen Elektroden mit einer Genauigkeit $\pm 0,05$ mm.

Funkenerosion (EDM): Erzeugt komplexe Formen mit Elektrodenabständen < 0,01 mm.

Unterstützung beim 3D-Druck: Wird für das Prototyping verwendet, um die Leistung von speziell geformten Elektroden schnell zu überprüfen.

Qualitätsanforderungen:

Maßtoleranzen $\pm 0,05$ mm und Oberflächenrauheit $Ra < 0,4$ μm .

Keine internen Defekte, mechanische Festigkeit > 1000 MPa.

Herausforderungen und Optimierungen:

Herausforderungen: Langer kundenspezifischer Verarbeitungszyklus (2~5 Tage) und hohe Kosten (ca. 30% höher).

Optimierung: Einführung eines modularen Aufbaus, Entwicklung universeller Vorrichtungen und Verkürzung der Produktionszyklen um 50 %.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Entwicklungstrend:

Es wurde das Ultrakurzpuls-Laserschneiden (Pulsbreite < 10 ps) mit einer Wärmeeinflusszone < 0,01 mm des Schnitts entwickelt.

Speziell geformte Elektroden werden mit additiven Fertigungsverfahren wie dem Laserschmelzabscheiden direkt umgeformt und reduzieren so die Bearbeitungsschritte.

4.4 Qualitätskontrolltechnik von Yttrium-Wolfram-Elektroden

Die Qualitätskontrolltechnologie stellt sicher, dass die chemische Zusammensetzung, Mikrostruktur und Leistung von Yttrium-Wolframelektroden den Standards (ISO 6848, GB/T 4192) entsprechen, die die Yttriumoxid-Verteilung, die Mikrostrukturanalyse und die Prozessoptimierung abdecken.

4.4.1 Kontrolle der Gleichförmigkeit der Yttriumoxid-Verteilung

Bedeutung: Die gleichmäßige Verteilung von Yttriumoxid (Y_2O_3) wirkt sich direkt auf die Lichtbogenstabilität (Driftrate <5%) und die Ausbrennrate (<0,2 mg/min) der Elektrode aus. Eine ungleichmäßige Verteilung kann zu lokalen Hotspots führen und die Lebensdauer verkürzen.

Methode der Steuerung:

Chemische Analyse:

RFA: Das Röntgenfluoreszenzspektrometer detektiert den Yttriumoxidgehalt im Elektrodenquerschnitt mit einer Genauigkeit von $\pm 0,05\%$ und einer Analysezeit von < 1 Minute.

ICP-OES: Spektrometer mit induktiv gekoppeltem Plasma mit einer Nachweisgrenze < 1 ppb und einer Genauigkeit $\pm 0,01\%$, geeignet für hochpräzise Laboranalysen.

Prozess: Probenahme von 5 ~ 10 Punkten (Mitte, Kante), um sicherzustellen, dass die Abweichung des Y_2O_3 -Gehalts $\leq \pm 0,1\%$ beträgt.

Mikroskopische Betrachtung:

REM-EDS: Rasterelektronenmikroskopie kombiniert mit energiedispersiver Spektroskopie mit einer Auflösung < 1 μm zur Analyse der Verteilung von Yttriumoxid-Partikeln (keine Agglomeration im Target, <5% im Agglomerationsbereich).

EPMA: Elektronensonden-Mikroanalyse, Detektionstiefe von 5 ~ 10 μm , Genauigkeit $\pm 0,01\%$, geeignet für die dreidimensionale Verteilungsanalyse.

Prozessoptimierung:

Sprühdotierung: Steuern Sie die Sprühdote (0,1 ~ 0,5 l/min) und die Lösungskonzentration (Y_2O_3 5 % ~ 10 %), um eine gleichmäßige Dotierung zu gewährleisten.

Hochenergie-Kugelmühle: 1000 ~ 2000 U/min, Zeit 48 Stunden, Zirkonoxidperlen (Durchmesser 0,1 ~ 0,5 mm) zur Reduzierung der Partikelagglomeration.

Sinterparameter: Temperatur 2200~2400°C, Wärmeerhaltung für 24 Stunden, Sauerstoffgehalt der Atmosphäre < 10 ppm.

Qualitätsanforderungen:

Der Y_2O_3 -Gehalt beträgt 1,8 % ~ 2,2 %, mit einer Abweichung von $\leq \pm 0,1\%$. Es gab keine

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

offensichtliche Agglomeration, die Partikelgröße betrug 1~2 μm und die Gleichmäßigkeit der Verteilung betrug > 95%.

Herausforderungen und Optimierungen:

Herausforderung: Ungleichmäßige Dotierung führt zu einer verminderten lokalen Leistung und hohen Nachweiskosten.

Optimierung: Einführung eines Online-RFA-Nachweissystems zur Überwachung der Gleichmäßigkeit der Dotierung in Echtzeit; Entwickeln Sie KI-Algorithmen zur Vorhersage von Dopingfehlern und zur Anpassung von Prozessparametern.

4.4.2 Gefügeanalyse (REM, EDS, XRD)

Bedeutung: Die Mikrostruktur (z.B. Korngröße, Porosität, Phasenzusammensetzung) bestimmt die mechanische Festigkeit und die elektrischen Eigenschaften der Elektrode. Analytische Techniken stellen sicher, dass keine Defekte und schädlichen Phasen (z. B. WO_3) vorhanden sind.

Analysemethode:

OHNE:

Funktion: Beobachten Sie die Korngröße (Ziel 5~10 μm) und die Porosität (<1%) des Elektrodenquerschnitts.

Gerät: Feldemissions-REM mit einer Auflösung < 1 nm und einer Vergrößerung von 1000~5000 \times .

Prozess: Polieren der Probe, Ätzen (HF-Lösung, Konzentration 5%) unter Berücksichtigung von Korngrenzen und Poren.

EDS:

Funktion: Analysieren Sie die Verteilung von Yttriumoxid und Verunreinigungselementen (Fe, Si, C) mit einer Genauigkeit $\pm 0,05\%$.

Vorgehensweise: Scannen Sie die Mitte und den Rand der Elektrode, um die Y_2O_3 -Gleichmäßigkeit und den Verunreinigungsgehalt (<50 ppm) zu bestätigen.

XRD:

Funktion: Erkennen Sie die Phasenzusammensetzung, um sicherzustellen, dass keine WO_3 oder andere oxidierende Phasen vorhanden sind.

Gerät: Cu $K\alpha$ -Strahl, Abtastwinkel 10 ~ 90 $^\circ$, Auflösung $\pm 0,01^\circ$.

Prozess: Analyse der Peaks der Wolframmatrix (bcc-Struktur) und der Y_2O_3 -Peaks (kubische Struktur) bestätigt, um eine Phasenreinheit von > 99 % zu bestätigen.

Qualitätsanforderungen:

Die Korngröße beträgt 5~10 μm und die Porosität <1%.

Der Gehalt an Verunreinigungen lag bei < 50 ppm, und es gab keine WO_3 -Phase.

Yttriumoxid-Partikel waren gleichmäßig verteilt, und die Nicht-Agglomerationsfläche betrug >5 %.

Herausforderungen und Optimierungen:

Herausforderung: Die REM/EDS-Analyse nimmt viel Zeit in Anspruch (30~60 Minuten pro Probe)

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

und ist nicht für Chargentests geeignet.

Optimierung: Einführung von Hochdurchsatz-REM (automatische Multi-Sample-Analyse) und Online-XRD-System, um die Nachweiszeit um 50 % zu verkürzen.

4.4.3 Optimierung der Prozessparameter und Fehlervermeidung

Prozessoptimierung:

Orthogonale Experimente: Multifaktor-Experimente (Dotierungsverhältnis, Sintertemperatur, Ziehgeschwindigkeit) wurden konzipiert, um Leistungsindikatoren (z.B. Burnout-Rate <0,2 mg/min) zu optimieren.

Analyse der Reaktionsoberfläche: Erstellung eines mathematischen Modells zur Vorhersage des Einflusses von Prozessparametern auf die Korngröße und -gleichmäßigkeit und die Optimierungsrate > 90 %.

Wichtige Parameter:

Dopingverhältnis: Y_2O_3 1,8%-2,2%, Toleranz $\leq \pm 0,1\%$.

Isostatischer Druck: 250-300 MPa, Knüppeldichte >70%.

Sintertemperatur: 2200-2400°C, Heizrate 510°C/min.

Ziehgeschwindigkeit: 0,52 m/min, Spannung 10-50 kN.

Vermeidung von Defekten:

Pore: Erhöhen Sie den isostatischen Druck (>250 MPa) und die Sintertemperatur (>2200°C) mit einem Vakuum-Sinterofen ($10^{-3} \sim 10^{-5}$ Pa).

Riss: Steuern Sie die Heiz-/Kühlrate (<10 °C / min) und verwenden Sie eine Gradientenkühlung (100 ~ 200 °C / h).

Ungleichmäßige Dotierung: verlängerte Hochenergie-Kugelmahlzeit (68 Stunden) mit mehrstufiger Sprühdotierung (Düsendruck 13 MPa).

Entdecken:

Die Röntgentomographie (XCT, Auflösung < 1 μm) erkennt Poren und Risse.

Ultraschallprüfung (Frequenz 5~20 MHz) zur schnellen Überprüfung auf interne Defekte.

Entwicklungstrend:

Entwicklung einer digitalen Zwillingstechnologie zur Simulation des Bearbeitungsprozesses und zur Vorhersage der Fehlerrate (<0,5 %).

Um die Prozessparameter zu optimieren und die Fehlerquote auf <0,1 % zu senken, wurde maschinelles Lernen eingeführt.

4.5 Fortschrittliche Fertigungstechnologie der Yttrium-Wolframelektrode

Fortschrittliche Fertigungstechnologien verbessern die Leistung und Produktionseffizienz von Yttrium-Wolframelektroden durch die Einführung von nanoskaliger Dotierung, SPS-Sintern und intelligenter Fertigung.

4.5.1 Nanoskalige Yttriumoxid-Dotierungstechnologie

Technischer Überblick: Die nanoskalige Yttriumoxid-Dotierung (Partikelgröße 10~100 nm) wurde

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

durch Hochenergie-Kugelmahlen oder Sol-Gel-Verfahren hergestellt, wodurch die Elektrodenleistung erheblich verbessert wurde.

Zubereitungsprozess:

Hochenergie-Kugelmühle: Drehzahl 1000 ~ 2000 U/min, Zirkonoxidperlen (Durchmesser 0,1 ~ 0,5 mm), Mahlzeit 4 ~ 6 Stunden, Wasser- oder Ethanolmedium zur Vermeidung von Agglomeration.

Sol-Gel-Methode: Yttriumnitratlösung (Konzentration 5% ~ 10%) wird mit Wolframpulver gemischt und sprühgetrocknet (Temperatur 200~300°C), um Nanopartikel zu bilden.

Leistungsverbesserungen:

Rekristallisationstemperatur: >2100°C, Kriechfestigkeit um 30% erhöht.

Lichtbogenstabilität: Driftrate <3%, Anlaufspannung des Lichtbogens < 12 V.

Burn-in-Rate: <0,1 mg/min, Lebensdauer um 20% ~ 30% verlängert.

Anwendungsperspektiven:

Ultrahochstromschweißen (>400 A), wie z. B. Reaktorkomponenten in der Nuklearindustrie.

Mikrolöten (Lötstellen < 0,2 mm), wie z. B. Halbleiterchip-Gehäuse.

Herausforderungen und Optimierungen:

Herausforderung: Nanopartikel sind leicht zu agglomerieren und erhöhen die Dotierungskosten um 10 % ~ 15 %.

Optimierung: Das Ultraschall-Dispergiergerät (Frequenz 20~40 kHz) wurde entwickelt, um die Partikeldispersierung um > 95% zu verbessern.

4.5.2 Prozess des Entladungsplasma-Sinterns (SPS)

Technischer Überblick: SPS schließt das Sintern in 5~10 Minuten mit Impulsstrom (1000~5000 A) und Druck (50~100 MPa) ab, mit einer Temperatur von 1800~2000°C, was niedriger ist als herkömmliches Sintern (2200~2400°C).

Vorteile des Verfahrens:

Hohe Dichte: >99 %, Porosität <0,5 %.

Feine Körnung: 3~5 µm, mechanische Festigkeit > 1200 MPa.

Energieeinsparung und Umweltschutz: Reduzieren Sie den Energieverbrauch um 30% ~ 40% und verkürzen Sie die Sinterzeit um 80%.

Ausrüstung:

SPS-Sinterofen: ausgestattet mit Graphitform (temperaturbeständig > 2000°C) und Vakuumsystem (10^{-3} Pa).

Temperaturregelung: Infrarot-Thermometer (Genauigkeit $\pm 2^\circ\text{C}$), Genauigkeit der Stromregelung ± 1 A.

Anwenden:

Hochleistungselektroden: Turbinenschaufel für die Luft- und Raumfahrt, geschweißt mit einem

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Strom > 400 A.

Mikroelektrode: Halbleiter-Mikrolöten, Durchmesser 0,3 ~ 0,8 mm.

Herausforderungen und Optimierungen:

Herausforderung: Hohe Kosten für SPS-Geräte.

Optimierung: Entwicklung eines modularen SPS-Systems senkt die Anlagenkosten um 20%.

4.5.3 Intelligente Fertigung und Echtzeit-Überwachungstechnik

Technologieübersicht: Intelligente Fertigung optimiert Produktionsprozesse durch Sensoren, das Internet der Dinge (IoT) und maschinelles Lernen und verbessert so die Effizienz und Konsistenz.

Überwachung in Echtzeit:

Infrarot-Thermometer (Genauigkeit ± 1 °C): Überwachen Sie die Sintertemperatur (1800 ~ 2400 °C).

Gasanalysator (Nachweisgrenze < 1 ppm): Kontrolliert den Sauerstoffgehalt < 10 ppm in der Atmosphäre.

Online-RFA: Nachweis des Yttriumoxidgehalts mit einer Genauigkeit $\pm 0,05$ %.

Maschinelles Lernen:

Aufbau einer Datenbank mit Prozessparametern (Dotierung, Sintern, Ziehen) und Vorhersage von Leistungsindikatoren (z. B. Ausbrennrate, Korngröße).

Durch den Einsatz von KI-Algorithmen zur Optimierung von Parametern konnte die Fehlerquote auf <0,5 % gesenkt werden.

Automatisierte Produktionslinie:

Sechssachsiger Roboter (Traglast 5~20 kg, Positioniergenauigkeit $\pm 0,1$ mm): zum Be- und Entladen von Pulvern, zum Handling von Rohlingen und zum Verpacken von Elektroden.

CNC-Bearbeitungsmaschinen: Zeichnen, Schleifen und Schneiden, die Effizienz wird um 50% erhöht.

Anwenden:

Massenproduktion: 5000 ~ 10000 Elektroden pro Tag, Fehlerrate <1%.

Hochpräzise Anpassung: Herstellung von speziell geformten Elektroden, Zyklusverkürzung um 30%.

Entwicklungstrend:

Entwickeln Sie eine Plattform für digitale Zwillinge, um den Produktionsprozess in Echtzeit zu simulieren und Fehler vorherzusagen.

Die Blockchain-Technologie wird eingeführt, um den gesamten Prozess der Rohstoff- und Elektrodenproduktion zu verfolgen und die Rückverfolgbarkeit zu gewährleisten.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung



Kapitel 5 Anwendungsgebiete von Yttrium-Wolfram-Elektroden

5.1 Schweißanwendungen von Yttrium-Wolfram-Elektroden

5.1.1 Anwendung des WIG-Schweißens (Argon-Lichtbogenschweißen) in Superlegierungen

Das Wolfram-Argon-Lichtbogenschweißen (WIG-Schweißen) ist einer der am weitesten verbreiteten Bereiche der Yttrium-Wolframelektrode (WY20), insbesondere beim Schweißen von Superlegierungen. Superlegierungen wie Nickelbasislegierungen (Inconel, Hastelloy) und Legierungen auf Kobaltbasis werden aufgrund ihrer hervorragenden Beständigkeit gegen hohe Temperaturen, Korrosion und Ermüdung häufig in der Luft- und Raumfahrt-, Energie- und Chemieindustrie eingesetzt. Der hohe Schmelzpunkt (1300~1500°C) und die komplexe Zusammensetzung dieser Legierungen stellen jedoch extrem hohe Anforderungen an den Schweißprozess. Yttrium-Wolframelektroden eignen sich aufgrund ihrer geringen Elektronenaustrittsarbeit (ca. 2,5 ~ 2,7 eV), ihrer hervorragenden Lichtbogenstabilität und ihrer niedrigen Einbrennrate ideal für das WIG-Schweißen.

Beim WIG-Schweißen erzeugen Yttrium-Wolfram-Elektroden durch Argon- oder Heliumschutz Hochtemperaturlichtbögen (ca. 6000 ~ 7000 °C), schmelzen das Werkstück und füllen das Material, um hochwertige Schweißnähte zu bilden. Seine schlanke und komprimierte Lichtbogensäule ermöglicht eine präzise Steuerung der Schmelzbadform, wodurch die Wärmeeinflusszone (WEZ) reduziert und somit das Risiko von Schweißrissen und Porosität verringert wird. Yttrium-

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Wolframelektroden sind besonders ausgeprägt unter Gleichstrombedingungen mit positiver Polarität (DCEN), typischerweise im Strombereich von 50~300 A, und eignen sich für Legierungsplatten mit Dicken von 0,5 mm bis 20 mm.

Zu den spezifischen Anwendungen gehören:

Triebwerkskomponenten: Schweißen von Turbinenscheiben und -schaufeln aus Nickelbasislegierungen, die eine hohe Festigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit der Schweißnähte erfordern. Die niedrige Ausbrandrate der Yttrium-Wolfram-Elektrode (ca. 0,1 ~ 0,2 mg / min) gewährleistet die Elektrodenstabilität beim Langzeitschweißen.

Gasturbinen: Das Schweißen von Brennkammern aus Superlegierungen erfordert ein tiefes Schmelzen und gleichmäßige Schweißnähte, und die hohe Lichtbogenstabilität von Yttrium-Wolframelektroden (Driftrate <5 %) erfüllt diese Anforderung.

Chemische Ausrüstung: Schweißen von Rohren aus Hastelloy-Legierung, die Korrosionsbeständigkeit der Yttrium-Wolframelektroden gewährleistet die Langzeitstabilität der Schweißnähte in saurer Umgebung.

Die Yttrium-Wolframelektrode verfügt über eine hervorragende Lichtbogenleistung und eine niedrige Lichtbogenspannung (ca. 10 ~ 15 V), die ein schnelles Zünden und Löschen beim gepulsten WIG-Schweißen erreichen kann, was für hochpräzise und automatisierte Schweißszenarien geeignet ist. Darüber hinaus ist es aufgrund seiner nicht-radioaktiven Natur eine umweltfreundliche Alternative zu Thorium-Wolfram-Elektroden und erfüllt die Sicherheitsstandards in der Luft- und Raumfahrtindustrie.

5.1.2 Hochpräzise Anwendungen des Plasmaschweißens

Das Plasma-Lichtbogenschweißen (PAW) ist ein Schweißverfahren mit hoher Energiedichte und einer Lichtbogentemperatur von bis zu 20.000 °C, das sich für hochpräzises und Tiefschmelzschweißen eignet. Die Anwendung der Yttrium-Wolframelektrode beim Plasmaschweißen profitiert von ihrer hohen Temperaturbeständigkeit und hohen Strombelastbarkeit (100~500 A). Beim Plasmaschweißen wird eine höhere Energiekonzentration erreicht, indem der Lichtbogen (durch die Düse begrenzt) komprimiert wird, mit einer Eindringtiefe von bis zu 10 ~ 15 mm, einer kleinen Wärmeeinflusszone und einer hohen Schweißqualität.

Zu den Vorteilen von Yttrium-Wolfram-Elektroden beim Plasma-Lichtbogenschweißen gehören:

Lichtbogenkonzentration: Die geringe Fluchtarbeit und die gleichmäßige Verteilung des Yttriumoxids machen die Lichtbogensäule schlank und stabil und eignen sich zum Schweißen von Platten > 10 mm Dicke.

Niedrige Ausbrennrate: Bei hoher Stromdichte (>300 A/mm²) beträgt die Ausbrennrate der Yttrium-Wolframelektrode nur 0,15 ~ 0,25 mg/min, was die Lebensdauer der Elektrode verlängert.

Materialanpassungsfähigkeit: Geeignet zum Schweißen von Edelstahl, Titanlegierungen, Nickelbasislegierungen und Zirkoniumlegierungen.

Typische Anwendungen sind:

[Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Druckbehälter: Das Schweißen von Behältern aus Edelstahl und Zirkoniumlegierungen in Kernkraftwerken erfordert, dass die Schweißnähte frei von Porosität und Schlackeneinschlüssen sind.

Schiffbau: Das Tiefschweißen von hochfesten Stahlblechen und Decks aus Nickelbasislegierungen sowie die hohe Lichtbogenstabilität von Yttrium-Wolframelektroden gewährleisten die Konsistenz der Schweißnaht.

Medizinische Geräte: Das Präzisionsschweißen von chirurgischen Instrumenten aus Edelstahl und der feine Lichtbogen der Yttrium-Wolframelektrode (Spitzenradius 0,1 ~ 0,5 mm) erfüllt die Anforderungen winziger Schweißverbindungen.

Beim Plasmaschweißen wird in der Regel ein wassergekühlter oder gasgekühlter Schweißbrenner benötigt, um die Yttrium-Wolframelektrode vor Überhitzung zu schützen. Moderne Prozesse beinhalten auch automatisierte Steuerungssysteme, um die Schweißgenauigkeit durch präzise Regelung von Strom und Gasfluss weiter zu verbessern.

5.1.3 Schweißen von Titanlegierungen mit Nickelbasislegierungen in Vakuumumgebung

Das Schweißen in Vakuumumgebungen wird vor allem für die Bearbeitung von hochpräzisen und empfindlichen Materialien wie Titan und Nickelbasislegierungen eingesetzt und wird häufig in der Luft- und Raumfahrt sowie in der Halbleiterindustrie eingesetzt. Yttrium-Wolframelektroden eignen sich hervorragend für das Vakuum-WIG-Schweißen oder das Vakuum-Plasmaschweißen, da sie durch ihre geringe Flüchtigkeit und chemische Stabilität die Reinheit der Schweißumgebung gewährleisten.

Titanlegierungen wie Ti-6Al-4V werden aufgrund ihrer hohen Festigkeit, geringen Dichte und hervorragenden Korrosionsbeständigkeit häufig in Strukturteilen der Luft- und Raumfahrt verwendet, aber ihre hohe chemische Aktivität erfordert das Schweißen in einer Vakuum- oder Inertgasumgebung, um eine Sauerstoff- und Stickstoffkontamination zu verhindern. Zu den Vorteilen von Yttrium-Wolframelektroden in einer Vakuumumgebung (10^{-3} ~ 10^{-5} Pa) gehören:

Geringe Gasfreisetzung: Der niedrige Dampfdruck von Yttriumoxid ($<10^{-5}$ Pa bei 2000 °C) stellt sicher, dass die Elektrode keine Verunreinigungsgase freisetzt und die Vakuumumgebung sauber bleibt.

Lichtbogenstabilität: Geringe Fluchtarbeit und gleichmäßiger Emissionspunkt ermöglichen eine schnelle Entzündung des Lichtbogens in einer Niederdruckumgebung mit einer Driftrate von $<3\%$.

Lange Lebensdauer: In einer Vakuumumgebung wird die Elektrodenausbrennrate weiter reduziert ($<0,1$ mg/min), wodurch sie für langfristiges kontinuierliches Schweißen geeignet ist.

Das Vakuumschweißen von Nickelbasislegierungen, wie z. B. Inconel 718, wird hauptsächlich in Komponenten von Raumfahrzeugen und Turbinenschaufeln eingesetzt, wo der hohe Schmelzpunkt und die komplexe Zusammensetzung eine hervorragende Hochtemperaturbeständigkeit der Elektrode erfordern. Die hohe Rekristallisationstemperatur (>2000 °C) und die Kriechfestigkeit von Yttrium-Wolframelektroden ermöglichen es ihnen, langfristigen Lichtbogenschocks bei hohen Temperaturen standzuhalten und die Stabilität der Spitzenform zu erhalten.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Typische Anwendungen sind:

Dichtungen für Raumfahrzeuge: Vakuumgeschweißte Gehäuse aus Titanlegierung, um Luftdichtheit und Korrosionsbeständigkeit zu gewährleisten.

Turbinenschaufeln: Schaufeln aus Nickelbasislegierungen werden präzisionsgeschweißt, und die Schweißnähte müssen hohe Anforderungen an die Ermüdungsfestigkeit erfüllen.

Halbleiterausüstung: Schweißen von Edelstahl- und Titanrohren in einer Vakuumumgebung für Chipherstellungsanlagen.

5.2 Nicht-schweißende Anwendungen von Yttrium-Wolfram-Elektroden

5.2.1 Plasmaschneiden und -spritzen

Der Einsatz von Yttrium-Wolfram-Elektroden beim Plasmaschneiden und Plasmaspritzen profitiert von ihrer hohen Strombelastbarkeit und hohen Temperaturbeständigkeit. Beim Plasmaschneiden werden Metallwerkstoffe durch hochenergetische Plasmalichtbögen (Temperaturen bis zu 30000 °C) geschmolzen und weggeblasen. Es wird häufig zum Schneiden von Kohlenstoffstahl, Edelstahl und Aluminiumlegierungen verwendet. Der längliche Lichtbogen und die hohe Stabilität der Yttrium-Wolfram-Elektroden machen sie zur Elektrode der Wahl für das Plasmaschneiden.

Typische Merkmale von Yttrium-Wolfram-Elektroden beim Plasmaschneiden sind unter anderem:

Hohe Stromanpassungsfähigkeit: Es kann ultrahohen Strömen von 300 ~ 1000 A standhalten und eignet sich zum Schneiden von Platten mit einer Dicke von 20 ~ 100 mm.

Niedrige Burnout-Rate: Bei hoher Energiedichte kann die Lebensdauer der Elektrode 50 ~ 100 Stunden erreichen.

Schnittgenauigkeit: hohe Lichtbogenkonzentration, geringe Schnittbreite (<2 mm), hohe Oberflächengüte.

Plasmaspritzen ist eine Technik zur Oberflächenverstärkung, bei der Keramik- oder Metallpulver durch einen Plasmalichtbogen auf die Oberfläche eines Werkstücks geschmolzen und gesprüht wird, um eine verschleiß- oder korrosionsbeständige Beschichtung zu erzeugen. Zu den Anwendungen von Yttrium-Wolframelektroden beim Plasmaspritzen gehören:

Luft- und Raumfahrt: Sprühen von keramischen Beschichtungen (z. B. Zirkonoxid) auf die Oberflächen von Turbinenschaufeln, um die Hochtemperaturbeständigkeit zu verbessern.

Industrieanlagen: Sprühen Sie verschleißfeste Beschichtungen auf Baggerschaufeln oder Pumpengehäuseoberflächen, um die Lebensdauer zu verlängern.

5.2.2 Elektrodenanwendungen in der Funkenerosion (EDM).

Die Funkenerosion (EDM) ist eine berührungslose Bearbeitungstechnik, bei der Material durch Funkenentladung zwischen der Elektrode und dem Werkstück abgetragen wird, wodurch sie für die Präzisionsbearbeitung von Materialien mit hoher Härte geeignet ist. Die Yttrium-Wolframelektrode wird aufgrund ihrer hohen Härte (HV 400 ~ 450), Verschleißfestigkeit und elektrischen Leitfähigkeit (Widerstand beträgt ca. $5,6 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{mm}$) als EDM-Elektrode verwendet.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Im Erodieren bieten Yttrium-Wolfram-Elektroden folgende Vorteile:

Hohe Verschleißfestigkeit: Die verstärkende Wirkung von Yttriumoxid macht die Elektrode weniger anfällig für Verschleiß bei hochfrequenter Entladung und bewahrt so die Formstabilität.

Lichtbogensteuerung: Geringe Fluchtarbeiten gewährleisten die Stabilität der Funkenentladung und verbessern die Bearbeitungsgenauigkeit.

Materialanpassungsfähigkeit: Geeignet für die Bearbeitung von Titanlegierungen, Formstählen und Hartmetall.

Typische Anwendungen sind:

Formenbau: Wird für die Präzisionsbearbeitung von Stanzformen und Spritzgussformen verwendet.

Luft- und Raumfahrt: Bearbeitung von Titanbauteilen mit komplexen Formen, wie z. B. Kühllöchern in Turbinenschaufeln.

Medizinische Geräte: Bearbeitung von hochpräzisen chirurgischen Instrumenten und Implantaten.

5.2.3 Anwendung in Hochtemperatur-Entladegeräten

Yttrium-Wolframelektroden werden als Lichtbogengeneratoren oder Entladungselektroden in Hochtemperaturladungsgeräten verwendet und sind weit verbreitet in der Plasmaforschung, bei thermischen Spritzgeräten und bei hochintensiven Lichtquellen wie Xenonlampen. Sein hoher Schmelzpunkt (3422 °C) und seine niedrige Ausbrennrate ermöglichen es ihm, extremen Temperaturen und häufigen Entladungen standzuhalten.

Zu den Anwendungsszenarien gehören:

Plasmaforschung: In Plasmageneratoren werden Yttrium-Wolfram-Elektroden zur Erzeugung von Hochtemperaturplasma (>10000°C) für die Prüfung von Materialeigenschaften oder die Kernfusionsforschung eingesetzt.

Herstellung von Xenonlampen: Yttrium-Wolframelektroden dienen als Kathode von Xenonlampen, die hohen Stromentladungen standhalten und starkes Licht erzeugen, die in Filmprojektoren und Lasern verwendet werden.

Thermische Spritzgeräte: In Plasmaspritzgeräten fungieren Yttrium-Wolfram-Elektroden als Lichtbogengeneratoren, um verschleißfeste oder hochtemperaturbeständige Beschichtungen zu sprühen.

5.3 Anwendung der Yttrium-Wolframelektrode in der Industrie

5.3.1 Luft- und Raumfahrt (Triebwerkskomponenten, Turbinenschaufeln)

Die Luft- und Raumfahrtindustrie ist eines der größten Anwendungsgebiete für Yttrium-Wolframelektroden, bei denen es um das Schweißen von Triebwerkskomponenten, Turbinenschaufeln und Rumpfstrukturen geht. Titan- und Nickelbasislegierungen sind die am häufigsten verwendeten Materialien in der Luft- und Raumfahrt und erfordern Schweißprozesse mit hoher Präzision, Festigkeit und hoher Temperaturbeständigkeit. Der Einsatz von Yttrium-Wolfram-Elektroden beim WIG- und Plasma-Lichtbogenschweißen erfüllt diese Anforderungen.

[Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Zu den spezifischen Anwendungen gehören:

Turbinenschaufeln: WIG-Schweißen von Schaufeln aus Nickelbasislegierungen, bei denen die Schweißnaht hohen Temperaturen ($>1200\text{ °C}$) und Ermüdungsbeständigkeit standhalten muss. Der schlanke Lichtbogen der Yttrium-Wolframelektrode sorgt für gleichmäßige Schweißnähte und reduziert Risse.

Motorbrennkammer: Tiefschmelzschweißen der Brennkammer aus Titanlegierungen und Edelstahl, hohe Strombelastbarkeit der Yttrium-Wolframelektrode ($>300\text{ A}$), um die Anforderungen an das Tiefschmelzen zu erfüllen.

Körperstruktur: Schweißen der Haut und des Rahmens aus Titanlegierung, geringer Wärmeeintrag der Yttrium-Wolframelektrode reduziert die Materialverformung.

5.3.2 Verteidigungs- und Rüstungsindustrie (Panzermaterialien, Raketenkomponenten)

Der Bereich der Verteidigungs- und Militärindustrie stellt extrem hohe Anforderungen an die Schweißqualität, da es sich um die Herstellung von Panzermaterialien, Raketenkomponenten und Waffensystemen handelt. Yttrium-Wolframelektroden sind aufgrund ihrer hohen Zuverlässigkeit, Nicht-Radioaktivität und langen Lebensdauer weit verbreitet.

Zu den Anwendungen gehören:

Panzerstahlplatten: Beim Tiefschmelzschweißen von hochfesten Stahlblechen gewährleistet die hohe Lichtbogenstabilität von Yttrium-Wolframelektroden die Festigkeit und Zähigkeit der Schweißnaht.

Raketenschale: Präzisionsschweißen von Gehäusen aus Titanlegierungen und Edelstahl, die Luftdichtheit und Korrosionsbeständigkeit von Schweißnähten erfordern.

Waffensysteme: Beim Schweißen komplexer Strukturen (z. B. Radarantennen) erfüllen die Mikroschweißfähigkeiten von Yttrium-Wolframelektroden die Anforderungen an die Präzision.

5.3.3 Energiewirtschaft (Kernkraftwerke, Gasturbinen)

Die Energiewirtschaft stellt extrem hohe Anforderungen an die Sicherheit und Haltbarkeit von Schweißmaterialien, und Yttrium-Wolframelektroden spielen eine wichtige Rolle bei der Herstellung von Kernkraftwerken und Gasturbinen.

Zu den Anwendungen gehören:

Kernkraftwerke: Schweißen von Reaktordruckbehältern und Rohrleitungen, WIG- oder Plasmalichtbogenschweißen mit Yttrium-Wolframelektroden zur Gewährleistung fehlerfreier und korrosionsbeständiger Schweißnähte.

Gasturbine: Schweißen von Brennkammern und Schaufeln aus Nickelbasislegierungen, Hochtemperaturstabilität von Yttrium-Wolframelektroden zur Erfüllung der Anforderungen an den Langzeitbetrieb.

Windkraftausrüstung: Schweißen von Türmen und Schaufeln, die Tiefschmelzfähigkeit von Yttrium-Wolframelektroden ist für das Schweißen von dicken Blechen geeignet.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. Procurement Information

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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

5.3.4 Herstellung von Halbleitern und Mikroelektroniken

Die Halbleiter- und Mikroelektronikindustrie benötigt ultrahochpräzise Lötprozesse für die Herstellung von Chipgehäusen, Sensoren und Mikroschläuchen. Das winzige nadelartige Design (0,5 ~ 1,0 mm Durchmesser) und der geringe Wärmeeintrag der Yttrium-Wolframelektroden machen sie zur idealen Wahl.

Zu den Anwendungen gehören:

Chip-Packaging: Das Mikrolöten von Kupfer- und Goldminen und ein feiner Lichtbogen (<0,5 mm) von Yttrium-Wolfram-Elektroden sorgen für die Genauigkeit der Lötstelle.

Herstellung von Sensoren: Schweißen von Sensoren aus Edelstahl und Titanlegierungen, bei denen minimale Wärmeeinflusszonen erforderlich sind.

Mikrorohre: Das Schweißen von Rohren in einer Vakuumumgebung, und die geringe Flüchtigkeit von Yttrium-Wolframelektroden hält die Umgebung sauber.

5.4 Typische Fallanalyse von Yttrium-Wolfram-Elektroden

5.4.1 Schweißen von Strukturteilen aus Titanlegierungen für die Luftfahrt

Hintergrund des Falles: Ein Luft- und Raumfahrtunternehmen muss Rumpfstrukturteile aus Titanlegierung Ti-6Al-4V mit einer Dicke von 5 mm schweißen, was eine hohe Festigkeit (>900 MPa) und Luftdichtheit der Schweißnaht erfordert. Das Verfahren war das Vakuum-WIG-Schweißen, und die Elektrode war eine Yttrium-Wolfram-Elektrode (WY20, Durchmesser 2,4 mm, Spitzenwinkel 30°).

Implementierung des Prozesses:

Schweißparameter: Strom 150 A (DCEN), Argon-Durchfluss 12 L/min, Vakuumgrad 10^{-4} Pa.

Elektrodenleistung: Die geringe Ausweichleistung der Yttrium-Wolframelektrode sorgt für einen schnellen Lichtbogenstart mit einer Lichtbogendrifraterate von <3 % und keinem nennenswerten Durchbrennen während des Schweißens.

Ergebnis: Die Zugfestigkeit der Schweißnaht erreicht 950 MPa, ohne Poren oder Risse, was den Luftfahrtstandards entspricht.

Analyse: Die geringe Flüchtigkeit und die hohe Lichtbogenstabilität von Yttrium-Wolframelektroden gewährleisten die Schweißqualität in einer Vakuumumgebung und verringern das Oxidationsrisiko in Titanlegierungen. Die Lebensdauer der Elektrode beträgt bis zu 120 Stunden, wodurch die Produktionskosten gesenkt werden.

5.4.2 Reparatur von Superlegierungen und Oberflächenverstärkung

Hintergrund des Falles: Ein Gasturbinenhersteller musste verschlissene Bereiche einer Turbinenschaufel aus einer Nickelbasislegierung (Inconel 718) reparieren und die Oberfläche durch Plasmaspritzen verstärken. Die WIG-Schweißnahtreparatur und das Plasmaspritzen wurden mit einer Yttrium-Wolframelektrode (WY20, 3,2 mm Durchmesser) durchgeführt.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Implementierung des Prozesses:

Schweißreparatur: Impuls-WIG-Schweißen, Strom 100 ~ 200 A, Füllmaterial ist Inconel 718 Schweißdraht. Der schlanke Lichtbogen der Yttrium-Wolframelektrode sorgt für eine präzise Poolsteuerung im Reparaturbereich.

Plasmaspritzen: Sprühen von Zirkonoxidbeschichtung, Strom 400 A, hohe Temperaturbeständigkeit der Yttrium-Wolframelektrode unterstützt kontinuierliches Sprühen für 4 Stunden.

Ergebnis: Die Härte des reparierten Bereichs erreichte HV 450 und die Haftfestigkeit der Beschichtung betrug > 70 MPa, was den Anforderungen des Hochtemperaturbetriebs entsprach.

Analyse: Die hohe Stromanpassungsfähigkeit und die niedrige Ausbrennrate von Yttrium-Wolfram-Elektroden beim Reparieren und Sprühen verbessern die Prozesseffizienz und reduzieren die Häufigkeit des Elektrodenwechsels.

5.4.3 Schweißen von Präzisionsbauteilen im Vakuum

Hintergrund des Falles: Ein Hersteller von Halbleiteranlagen muss Mikrorohre aus Edelstahl (2 mm Durchmesser und 0,2 mm Wandstärke) für ein Vakuumssystem in Chipfertigungsanlagen schweißen. Für das Vakuum-WIG-Schweißen wurde eine Yttrium-Wolfram-Mikronadelektrode (Durchmesser 0,5 mm, Spitzenradius 0,1 mm) ausgewählt.

Implementierung des Prozesses:

Schweißparameter: Strom 10~20 A (Impulsmodus), Argon-Durchflussrate 8 L/min, Vakuumgrad 10^{-5} Pa.

Elektrodenleistung: Der geringe Wärmeeintrag und der feine Lichtbogen ($< 0,5$ mm) von Yttrium-Wolframelektroden sorgen für eine kleine Lötstellengröße mit einer Wärmeeinflusszone $< 0,1$ mm.

Ergebnisse: Die Luftdichtheit der Schweißnaht erreichte 10^{-9} Pa·m³/s und entsprach damit den Standards der Halbleiterindustrie.

Analyse: Die Mikroschweißfähigkeiten und die geringe Flüchtigkeit von Yttrium-Wolframelektroden gewährleisten Sauberkeit und Schweißgenauigkeit in Vakuumumgebungen, wodurch sie für hochpräzise Mikroelektronikanwendungen geeignet sind.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung



Kapitel 6 Produktionsanlagen für Yttrium-Wolfram-Elektroden

6.1 Ausrüstung zur Rohstoffaufbereitung für Yttrium-Wolframelektroden

Der erste Schritt bei der Herstellung von Yttrium-Wolfram-Elektroden ist die Rohstoffaufbereitung, die das Screening, die Reinigung und die Optimierung von hochreinem Wolframpulver und Yttriumoxid umfasst. Diese Ausrüstungsstufe muss eine hohe Reinheit, Gleichmäßigkeit der Partikelgröße und chemische Stabilität der Rohstoffe gewährleisten, um die Leistungsanforderungen von Yttrium-Wolframelektroden beim Hochtemperaturschweißen zu erfüllen.

6.1.1 Wolframpulvermahl- und Partikelgrößensortieranlagen

Die Herstellung von Wolframpulver ist die Grundlage für die Herstellung von Yttrium-Wolframelektroden, bei der die Reinheit des Wolframpulvers mehr als 99,95 % erreicht und die Partikelgröße im Bereich von 1 ~ 5 μm gesteuert werden muss, um die Gleichmäßigkeit des nachfolgenden Sinterns und Dotierens zu gewährleisten. Hier sind die wichtigsten Geräte und ihre Funktionen:

Hochenergie-Kugelmühle

Die Hochenergie-Kugelmühle wird verwendet, um grobes Wolframpulver (anfängliche Partikelgröße 10~50 μm) auf die gewünschte Partikelgröße zu mahlen. Das Gerät ist mit Planeten-

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

oder Vibrationsausführung ausgestattet und mit Zirkonoxid- oder Hartmetall-Schleifkugeln (Durchmesser 5 ~ 10 mm) ausgestattet, um die Kontamination durch Metallverunreinigungen zu reduzieren. Der Schleifprozess wird unter dem Schutz von Inertgasen (wie Argon) durchgeführt, die Drehzahl wird auf 200~400 U / min geregelt und die Schleifzeit beträgt 48 Stunden. Moderne Kugelmühlen sind mit Temperiersystemen ausgestattet, die eine Oxidation von Wolframpulver durch Überhitzung verhindern. Vorteile: hoher Wirkungsgrad, gleichmäßige Korngrößenverteilung; Nachteile: Bei längerem Mahlen können Spuren von Verunreinigungen entstehen.

Luftstrom-Sichter

Der Strömungssichter wird eingesetzt, um Wolframpulver mit einer Partikelgröße von 15 µm auszusieben und zu große oder zu kleine Partikel auszuscheiden. Die Anlage dispergiert das Wolframpulver durch einen Hochgeschwindigkeits-Gasstrom (Geschwindigkeit 10~50 m/s) und trennt es entsprechend der Partikelgröße mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1$ µm. Sichter sind oft mit mehrstufigen Zyklonen und Präzisionsfiltern ausgestattet, die eine pulverfreie Kontamination gewährleisten. Vorteile: hochpräzise Sortierung, große Leistung (100~500 kg pro Stunde); Nachteile: Die Kosten für die Wartung der Geräte sind hoch.

Ultraschall-Reinigungsgeräte

Reinigungsgeräte werden verwendet, um Oxide und Verunreinigungen (z. B. Eisen, Kohlenstoff) von der Oberfläche von Wolframpulver zu entfernen. Das Gerät verwendet verdünnte Salzsäure oder Salpetersäurelösung (Konzentration 5% ~ 10%) in Kombination mit Ultraschalloszillation (Frequenz 20~40 kHz), um das Wolframpulver zu reinigen und dann das Wasser durch Vakuumtrocknung (< 200 °C) zu entfernen. Vorteile: Effektive Entfernung von Oberflächenverunreinigungen; Nachteile: Die Konzentration der Lösung muss streng kontrolliert werden, um Korrosion von Wolframpulver zu vermeiden.

Laser-Partikelgrößenanalysatoren werden eingesetzt, um die Partikelgrößenverteilung von Wolframpulver in Echtzeit zu überwachen und sicherzustellen, dass die Partikelgröße den Zielanforderungen entspricht. Das Gerät verwendet das Prinzip der Laserbeugung mit einem Erfassungsbereich von 0,01 ~ 1000 µm und einer Genauigkeit von $\pm 1\%$. Vorteile: schnell und genau; Nachteile: Die Ausrüstung ist teuer.

Diese Geräte arbeiten zusammen, um sicherzustellen, dass die Reinheit, Partikelgröße und Morphologie des Wolframpulvers den Anforderungen der Yttrium-Wolframelektrodenproduktion entsprechen. Moderne Fabriken führen auch automatisierte Steuerungssysteme ein, um einen kontinuierlichen Schleif-, Sortier- und Reinigungsbetrieb durch SPS (speicherprogrammierbare Steuerungen) zu erreichen und so die Produktionseffizienz zu verbessern.

6.1.2 Anlagen zur Reinigung und Nanokonservierung von Yttriumoxid

Yttriumoxid (Y_2O_3) wird als Dotierung verwendet, und seine Reinheit ($> 99,99\%$) und Partikelgröße (0,52 µm, nanoskalige 10~100 nm) sind entscheidend für die Leistung von Yttrium-Wolframelektroden. Zu den Reinigungs- und Nanoverarbeitungsanlagen gehören:

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Ausrüstung zur Extraktion von Lösungsmitteln

Lösungsmittelextraktionsgeräte werden verwendet, um hochreines Yttriumoxid aus Yttriumerzen, wie z. B. Monazit, zu extrahieren. Die Ausrüstung umfasst einen Extraktionstank, einen Zentrifugalseparator und eine Ionenaustauschssäule, die Yttrium mit organischen Extraktionsmitteln wie TBP oder P204 von anderen Seltenerdelementen trennt. Der Extraktionsprozess wird in einer sauren Umgebung (pH 24) mit einem typischen Zyklus von 10~20 Zyklen durchgeführt, um < 100 ppm Verunreinigungen (z. B. Kalzium, Silizium) zu gewährleisten. Vorteile: hohe Reinheit, geeignet für die industrielle Produktion; Nachteile: hohe Kosten für die Behandlung von flüssigen Abfällen.

Sprühtrockner

Sprühtrockner werden verwendet, um Yttriumnitratlösungen zu Yttriumoxidpulver aufzubereiten. Das Gerät zerstäubt die Lösung durch eine Hochdruckdüse (Druck 0,52 MPa), und die heiße Luft (200~300°C) trocknet sie schnell zu mikro- oder nanoskaligen Partikeln. Die Sprührate und die Trocknungstemperatur müssen präzise gesteuert werden, um die Gleichmäßigkeit der Partikel zu gewährleisten (Zielpartikelgröße 0,5 ~ 2 µm). Vorteile: gute Partikelmorphologie, hohe Fließfähigkeit; Nachteile: Hoher Energieverbrauch.

Nano-Mühle

Nanomühlen werden verwendet, um Yttriumoxid im Mikrometerbereich weiter auf die Nanoskala (10~100 nm) zu mahlen. Das Gerät verwendet das Nassschleifen, das Medium sind Zirkonoxidperlen (Durchmesser 0,1 ~ 0,5 mm), die Drehzahl beträgt 1000 ~ 2000 U / min und die Schleifzeit beträgt 26 Stunden. Der Mahlprozess findet in Wasser- oder Ethanolmedien statt, wodurch die Agglomeration von Partikeln verhindert wird. Vorteile: Es kann nanoskalige Partikel herstellen, um die Gleichmäßigkeit der Dotierung zu verbessern; Nachteile: Der Verschleiß der Ausrüstung erfordert eine regelmäßige Wartung.

Das chemische Analysegerät Massenspektrometer mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) wird verwendet, um den Reinheits- und Verunreinigungsgehalt von Yttriumoxid mit einer Nachweisgrenze von < 1 ppb zu detektieren, um die Einhaltung der Anforderungen an die Elektrodenherstellung sicherzustellen. Vorteile: Hohe Empfindlichkeit; Nachteile: Komplexe Bedienung und professionelles Arbeiten.

Diese Geräte liefern hochwertige Yttriumoxid-Rohstoffe für den Dotierungsprozess von Yttrium-Wolfram-Elektroden durch mehrstufige Reinigung und Partikelgrößenkontrolle.

6.2 Pulvermetallurgische Anlagen für Yttrium-Wolfram-Elektroden

Die Pulvermetallurgie ist der Kernprozess der Herstellung von Yttrium-Wolfram-Elektroden, der das Mischen, Formen und Sintern von Pulver umfasst. Die Ausrüstung muss eine gleichmäßige Verteilung des Yttriumoxids und eine hohe Dichte der Elektroden gewährleisten.

6.2.1 Hochpräzises Misch- und Dotierungssystem

Misch- und Dotierungsanlagen werden verwendet, um Yttriumoxid gleichmäßig in Wolframpulver zu dispergieren, was sich auf die Lichtbogenstabilität und die mechanischen Eigenschaften der Elektrode auswirkt.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Hochenergie-Mischer

Der Hochenergiemischer verfügt über ein dreidimensionales oder V-förmiges Mischdesign, das mit einer Frequenzumwandlungssteuerung (Drehzahl 50 ~ 200 U/min) ausgestattet ist, und die Mischzeit beträgt 48 Stunden. Das Gerät arbeitet unter dem Schutz von Inertgasen wie Argon, die die Oxidation von Wolframpulver verhindern. Einige Geräte sind mit einem Ultraschall-Dispergiergerät (Frequenz 20~40 kHz) integriert, um die Dispergierung von Yttriumoxidpartikeln zu verbessern. Vorteile: Gleichmäßig mischen, geeignet für die Massenproduktion; Nachteile: große Gerätegröße und großer Platzbedarf.

Sprüh-Doping-System

Das Sprühdotierungssystem erreicht die Dotierung, indem eine Yttriumnitratlösung auf Wolframpulver oder Wolframtrioxid-Ausgangsmaterial gesprüht wird. Die Ausrüstung umfasst eine Hochdruckdüse (Druck 13 MPa), einen Rührbehälter und eine Trockenkammer, und die Sprütrate wird auf 0,1 ~ 0,5 l/min geregelt. Nach dem Trocknen bildete sich Wolfram-Yttrium-Verbundpulver, und die Abweichung des Gehalts an Yttriumoxid betrug $\leq \pm 0,1\%$. Vorteile: gleichmäßige Dotierung, geeignet für einen hohen Gehalt an Yttriumoxid ($>2\%$); Nachteile: Der Prozess ist komplex und die Lösungskonzentration muss streng kontrolliert werden.

Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA) RFA wird verwendet, um die Elementverteilung von dotierten Pulvern in Echtzeit zu überwachen, um sicherzustellen, dass der Yttriumoxidgehalt den Zielwert (1,8%~2,2%) erreicht. Die Erkennungsgenauigkeit des Geräts $\pm 0,05\%$ und die Analysezeit < 1 Minute. Vorteile: schnell und verlustfrei; Nachteile: teure Ausrüstung.

6.2.2 Kaltisostatisches Pressen und Heißpressen

Die Umformanlage presst das dotierte Pulver in Elektrodenrohlinge und sorgt so für eine hohe Dichte und mechanische Festigkeit.

Kaltisostatische Presse (CIP)

Die kaltisostatische Presse übt einen gleichmäßigen Druck (200~300 MPa) durch ein flüssiges Medium (normalerweise Wasser oder Öl) aus, um das Pulver in blanke Streifen mit einem Durchmesser von 10~20 mm zu pressen. Das Gerät ist mit einer Hochdruckpumpe und einer flexiblen Form ausgestattet, mit einer Wärmehaltezeit von 30 ~ 60 Sekunden und einer Dichte von 60% ~ 70% des theoretischen Wertes des Knüppelbandes. Vorteile: gleichmäßige Dichte, keine Spannungskonzentration; Nachteile: hohe Gerätekosten und komplexe Wartung.

Transferpresse

Die Heißpresse übt einen Druck von 50~100 MPa bei 1000~1400°C aus, der für die Vorformung von Hochleistungselektroden geeignet ist. Das Gerät ist mit einer Graphitform und einem Vakuumsystem ausgestattet, um Oxidation zu verhindern. Durch das Heißpressverfahren kann die Dichte des Knüppels auf mehr als 80 % erhöht werden. Vorteile: geeignet für kleine Chargen und hochpräzise Produktion; Nachteile: hoher Energieverbrauch, schneller Werkzeugverschleiß.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

6.2.3 Hochtemperatur-Vakuum-Sinterofen und Atmosphärenofen

Sinteranlagen sind das Herzstück der Yttrium-Wolfram-Elektrodenvorbereitung und werden verwendet, um die Dichte und die mechanischen Eigenschaften der Elektroden zu verbessern.

Hochtemperatur-Vakuum-Sinterofen

Der Vakuum-Sinterofen arbeitet in einer Vakuumumgebung von 10^{-3} ~ 10^{-5} Pa, mit einer Sintertemperatur von 2000~2400°C, einer Heizrate von 5~10°C/min und einer Haltezeit von 24 Stunden. Das Gerät verwendet Molybdän- oder Wolfram-Heizelemente, um eine Hochtemperaturstabilität zu gewährleisten. Die Vakuumumgebung reduziert die Adsorption von Gasverunreinigungen, und die Elektrodendichte kann mehr als 98 % erreichen. Vorteile: Hohe Reinheit, geeignet für High-End-Elektroden; Nachteile: Hohe Gerätekosten und komplexe Wartung des Vakuumsystems.

Wasserstoff-Gasatmosphärenofen

Der Wasserstoffofen wurde bei 1800 ~ 2200 °C betrieben, die Wasserstoffdurchflussrate betrug 10 ~ 20 l/min und der Sauerstoffgehalt wurde auf <10 ppm geregelt. Das Gerät ist mit einem Infrarot-Thermometer und einem Gasanalysator ausgestattet, um die Sinterbedingungen in Echtzeit zu überwachen. Der Wasserstoffschutz verhindert die Oxidation von Wolframpulver und fördert die gleichmäßige Verteilung von Yttriumoxid. Vorteile: niedrige Kosten, geeignet für die Massenproduktion; Nachteile: Die Reinheit des Wasserstoffs muss streng kontrolliert werden.

Das Atmosphärenkontrollsystem ist mit einem hochpräzisen Gasanalysator (Erfassung des Sauerstoffgehalts <1 ppm) und einem Durchflussregler ausgestattet, um die Stabilität der Sinteratmosphäre zu gewährleisten. Vorteile: Verbessern Sie die Konsistenz der Elektrodenqualität; Nachteile: Erfordert eine regelmäßige Kalibrierung.

6.3 Verarbeitungs- und Umformanlagen für Yttrium-Wolfram-Elektroden

Die Bearbeitungs- und Umformanlage verarbeitet die gesinterten Rohlinge zu Standard-Elektrodenstäben und stellt so die Maßhaltigkeit und Oberflächengüte sicher.

6.3.1 Präzisionskalandrier- und Ziehmaschine

Heißkalander Der Heißkalander reduziert den Durchmesser des Knüppels von 10~20 mm auf 3~5 mm bei 1400~1600°C. Das Gerät verwendet Multi-Pass-Walzen (5~10 Durchgänge) und ist mit einem Inertgasschutzsystem ausgestattet (Argon-Durchflussrate 10~15 L/min). Das Rollenmaterial ist eine Wolfram-Molybdän-Legierung, die gegen hohe Temperaturen und Verschleiß beständig ist. Vorteile: hoher Wirkungsgrad, geeignet für die Massenproduktion; Nachteile: Eine präzise Temperaturregelung ist erforderlich, um eine Oberflächenoxidation zu vermeiden.

Präzisions-Ziehmaschine

Die Präzisionsziehmaschine zieht den Kalanderstab mit einer Toleranz $\pm 0,05$ mm auf den Zieldurchmesser (0,5~4,8 mm). Das Gerät verwendet Diamantformen mit einer Ziehgeschwindigkeit von 0,52 m/min, und das Schmiermittel ist eine Graphitemulsion oder ein Schmiermittel auf Molybdänbasis. Der Ziehprozess ist mit einem Zugregelungssystem ausgestattet,

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

um eine glatte Elektrodenoberfläche zu gewährleisten. Vorteile: hohe Maßhaltigkeit; Nachteile: Werkzeugverschleiß muss regelmäßig ausgetauscht werden.

6.3.2 CNC-Schleif- und Polieranlagen

CNC-Schleifmaschine Die CNC-Schleifmaschine wird verwendet, um die Elektrodenspitze zu formen (Winkel $15^\circ \sim 60^\circ$, Spitzenradius $0,1 \sim 0,5$ mm). Das Gerät verwendet eine Diamantschleifscheibe mit einer Verarbeitungsgenauigkeit von $\pm 0,01$ mm und einer Drehzahl von $1000 \sim 5000$ U / min. CNC-Systeme sind so programmiert, dass sie die Spitzenformen kontrollieren und so die Konsistenz gewährleisten. Vorteile: Hohe Präzision, geeignet für komplexe hochmoderne Designs; Nachteile: Langsamere Verarbeitungsgeschwindigkeit.

Elektrochemische Poliermaschine

Der elektrochemische Polierer poliert die Elektrodenoberfläche mit einem Elektrolyten (in der Regel ein Schwefelsäure-Phosphorsäure-Gemisch) und einer Gleichstromversorgung (Spannung $5 \sim 15$ V) mit einer Zielrauheit von $Ra < 0,4$ μ m. Das Gerät ist mit einem automatischen Misch- und Temperaturregelungssystem ausgestattet, und die Polierzeit beträgt $10 \sim 30$ Sekunden. Vorteile: hohe Oberflächengüte, reduzierte Lichtbogendrift; Nachteile: Der Elektrolyt muss regelmäßig behandelt werden.

6.3.3 Laserschneid- und Elektrodenformungsanlagen

Laserschneidmaschine

Der Laserschneider verwendet einen Faserlaser (Leistung 13 kW), um den Elektrodenstab auf Standardlängen ($50 \sim 175$ mm) zu schneiden. Das Gerät ist mit einem Kühlsystem ausgestattet, um Mikrorisse durch thermische Belastung zu vermeiden. Die Schnittgenauigkeit $\pm 0,1$ mm, der Schnitt ist flach und gratfrei. Vorteile: Hohe Präzision, geeignet für nicht standardmäßige Längen; Nachteile: Hohe Kosten für die Ausrüstung.

Elektroden-Formgebungsmaschine

Stoßmaschinen werden eingesetzt, um speziell geformte Elektroden (z. B. gebogene oder konische Elektroden) mit CNC-Drehmaschinen oder speziellen Vorrichtungen zu bearbeiten. Die Anlage unterstützt kundenspezifische Konstruktionen mit einer Bearbeitungsgenauigkeit $\pm 0,05$ mm. Vorteile: hohe Flexibilität, um spezielle Bedürfnisse zu erfüllen; Nachteile: langer Produktionszyklus.

6.4 Inspektions- und Qualitätsüberwachungseinrichtungen für Yttrium-Wolframelektroden

Qualitätsprüfgeräte werden verwendet, um sicherzustellen, dass die chemische Zusammensetzung, Mikrostruktur und Leistung von Yttrium-Wolframelektroden den Standards entsprechen.

6.4.1 Geräte zur Analyse der chemischen Zusammensetzung (ICP-MS, RFA)

Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) ICP-MS dient der Detektion des Reinheits- und Verunreinigungsgehalts (Fe, Ca, Si usw.) von Wolfram- und Yttriumoxid mit einer Nachweisgrenze von < 1 ppb und einer Analysezeit von < 5 Minuten. Das Gerät ist mit einem automatischen Probeninjektionssystem ausgestattet, um die Chargenprüfung zu unterstützen. Vorteile: Hohe Empfindlichkeit, geeignet für die Spurenelementanalyse; Nachteile: Komplexe

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Bedienung und professionelles Arbeiten.

Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA) Die RFA wird verwendet, um die Gleichmäßigkeit des Yttriumoxidgehalts und der Verteilung von Elektroden mit einer Genauigkeit $\pm 0,05\%$ zerstörungsfrei zu detektieren. Das Gerät unterstützt schnelles Scannen (< 1 Minute) und eignet sich für die Echtzeitüberwachung in der Produktionslinie. Vorteile: schnell und verlustfrei; Nachteile: Geringe Empfindlichkeit bei der Erkennung leichter Elemente.

6.4.2 Geräte für Mikrostruktur- und Morphologieanalytik (REM, TEM)

Rasterelektronenmikroskopie (REM) REM wurde verwendet, um die Korngröße (Ziel 5~10 μm), die Porosität ($< 1\%$) und die Yttriumoxid-Verteilung der Elektroden zu beobachten. Das Gerät hat eine Auflösung < 1 nm und ist mit einem energiedispersiven Spektroskopie-Zubehör (EDS) ausgestattet, um die Elementverteilung zu analysieren. Vorteile: Intuitive Darstellung der Mikrostruktur; Nachteile: lange Probenvorbereitungszeit.

Die Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) TEM dient der Analyse der Verteilung und Kristallstruktur von Yttriumoxid-Partikeln auf der Nanoskala mit einer Auflösung $< 0,1$ nm. Das Gerät eignet sich zur Untersuchung der mikroskopischen Eigenschaften von nanodotierten Elektroden. Vorteile: hohe Auflösung; Nachteile: Teure Geräte und komplexe Bedienung.

6.4.3 Leistungsprüfgeräte (Lichtbogenstabilität, Burnout-Rate-Tester)

Lichtbogen-Stabilitätstester Der Prüfer simuliert WIG-Schweißbedingungen (Strom 50~300 A, Argon-Durchfluss 10~15 L/min) und misst die Lichtbogendrifraterate (Zielwert $< 5\%$) und die Lichtbogenstartspannung (10~15 V). Das Gerät ist mit einem Hochfrequenz-Netzteil und einem Spektrumanalysator ausgestattet, um die Intensität und Stabilität des Bogenlichts zu erfassen. Vorteile: Realistische Simulation der Schweißumgebung; Nachteile: Höhere Testkosten.

Burnout-Rate-Tester Der Burnout-Rate-Tester misst den Elektrodenmassenverlust unter Standard-Schweißbedingungen (200 A, 1 Stunde) mit einer angestrebten Burnout-Rate $< 0,2$ mg/min. Das Gerät ist mit einer hochpräzisen Waage (Genauigkeit $\pm 0,01$ mg) und einem Temperaturüberwachungssystem ausgestattet. Vorteile: Genaue Messung der Lebensdauer; Nachteile: Langer Prüfzyklus.

6.5 Intelligente Produktionsanlagen für Yttrium-Wolfram-Elektroden

Intelligente Produktionsanlagen verbessern die Produktionseffizienz und Qualitätskonsistenz durch Automatisierung und Datenanalyse.

6.5.1 Automatisierte Produktionslinien und Industrieroboter

Automatisierte Produktionslinie Die automatisierte Produktionslinie integriert Schleif-, Dotierungs-, Form-, Sinter- und Verarbeitungsanlagen, um eine kontinuierliche Produktion durch Förderbänder und SPS-Systeme zu erreichen. Die Produktionslinie unterstützt den parallelen Betrieb mit mehreren Stationen, und die Leistung kann 1000 ~ 5000 Stück / Tag erreichen. Vorteile: hohe Effizienz, niedrige Arbeitskosten; Nachteile: große Anfangsinvestition.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Industrieroboter Industrieroboter werden für die Be- und Entladung von Pulvern, das Knüppelhandling und die Elektrodenverpackung eingesetzt. Der Sechssachser Roboter (Last 5~20 kg) ist mit einem Vision-Erkennungssystem mit einer Positioniergenauigkeit von $\pm 0,1$ mm ausgestattet, das für einen hochpräzisen Betrieb geeignet ist. Vorteile: hohe Flexibilität, reduzierte manuelle Fehler; Nachteile: Hohe Wartungskosten.

6.5.2 Online-Qualitätsüberwachungs- und Datenanalyse-System

Online-Überwachungssystem

Das Online-Überwachungssystem integriert ein Infrarot-Thermometer (Genauigkeit ± 1 °C), einen Gasanalysator (Sauerstoffgehalt < 1 ppm) und RFA, um die Sintertemperatur, die Reinheit der Atmosphäre und die Gleichmäßigkeit der Dotierung in Echtzeit zu überwachen. Das System lädt Daten über die Internet of Things (IoT)-Technologie in die Cloud hoch, um Echtzeitberichte zu erstellen. Vorteile: schnelle Rückmeldung, Reduzierung von Fehlern; Nachteile: Erfordert eine stabile Netzwerkunterstützung.

Datenanalyse-System

Das Datenanalyse-System analysiert den Zusammenhang zwischen Prozessparametern (Temperatur, Druck, Dotierungsverhältnis) und der Elektrodenleistung (Ausbrennrage, Lichtbogenstabilität) auf der Grundlage von Algorithmen des maschinellen Lernens, um die Produktionsparameter zu optimieren. Das System prognostiziert Fehlerquoten von bis zu < 1 %. Vorteile: intelligente Optimierung; Nachteile: Erfordert viele historische Daten zur Unterstützung.



Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y₂O₃). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y ₂ O ₃ Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. Procurement Information

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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Kapitel 7 In- und ausländische Normen für Yttrium-Wolfram-Elektroden

Als Hochleistungsschweißwerkstoff unterliegen die Qualität und Leistungsfähigkeit von Yttrium-Wolframelektroden einem strengen, standardisierten Management. In- und ausländische Normen regeln die Herstellung, Prüfung und Anwendung von Yttrium-Wolframelektroden durch klare Klassifizierungen, Leistungsanforderungen und Prüfmethoden. In diesem Kapitel werden die internationalen Normen, die nationalen Normen, Normenvergleiche und Entwicklungstrends von Yttrium-Wolframelektroden ausführlich erörtert.

7.1 Internationale Norm für Yttrium-Wolfram-Elektroden

Internationale Normen bieten einheitliche technische Spezifikationen für die Herstellung und Anwendung von Yttrium-Wolframelektroden, darunter hauptsächlich einschlägige Normen der Internationalen Organisation für Normung (ISO), der American Welding Society (AWS) und des Europäischen Komitees für Normung (EN). Diese Normen beschreiben die chemische Zusammensetzung, die Maßtoleranzen, die Leistungsprüfung und die Kennzeichnungsanforderungen für Yttrium-Wolframelektroden.

7.1.1 ISO 6848: Klassifizierung und technische Anforderungen an Wolframelektroden

ISO 6848:2015 "Schweißzusätze — Nicht abschmelzbare Wolframelektroden für das Lichtbogenschweißen" ist eine internationale Norm für Wolframelektroden, die für Verfahren wie Wolfram-Argon-Lichtbogenschweißen (WIG-Schweißen) und Plasma-Lichtbogenschweißen geeignet ist. Die Norm klassifiziert und führt Yttrium-Wolfram-Elektroden (WY20) eindeutig durch.

Klassifizierung und Identifizierung: Yttrium-Wolframelektroden sind als WY20 klassifiziert, mit einem Yttriumoxid (Y_2O_3)-Gehalt von 1,8 % ~ 2,2 % (Massenanteil), und die Elektrodenspitze ist mit einer blauen Beschichtung gekennzeichnet. Die Norm legt auch die Klassifizierung anderer mit Seltenen Erden dotierter Elektroden (wie Lanthanwolfram, Cerwolfram) fest, um die Unterscheidung zwischen verschiedenen Arten von Elektroden zu gewährleisten. Zu den Anforderungen an die Identifizierung gehören Elektrodenmodell, Größe, Produktionscharge und Herstellerinformationen, häufig in Form von Lasergravuren oder Verpackungsetiketten.

Chemische Zusammensetzung: Die Reinheit der Wolframmatrix muss $99,5\% \geq$, und der Gesamtgehalt an Verunreinigungen (wie Eisen, Silizium, Kohlenstoff) $< 0,05\%$. Die gleichmäßige Verteilung des Yttriumoxids wurde mittels Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA) oder energiedispersiver Spektroskopie (EDS) mit einer Gehaltsabweichung von $< \pm 0,1\%$ nachgewiesen.

Abmessungen und Toleranzen: Der Elektrodendurchmesser reicht von 0,5 ~ 6,4 mm, die Toleranz $\pm 0,05$ mm; Der Längenbereich beträgt 50 ~ 175 mm und die Toleranz beträgt ± 1 mm. Die Oberfläche sollte glatt, frei von Rissen, Einschlüssen oder Oxidschichten sein, mit einer Rauheit von $Ra < 0,4 \mu m$.

Leistungsanforderungen:

Lichtbogenstartleistung: Lichtbogenstartspannung < 15 V, Lichtbogendriftrate $< 5\%$,

[Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Testbedingungen sind DC positive Polarität (DCEN), Strom 50~200 A.

Ausbrennrate: Unter 200 A Gleichstromschweißbedingungen < die Ausbrennrate 0,2 mg/min.

Mechanische Eigenschaften: Vickers-Härte (HV) 400~450, Zugfestigkeit > 1000 MPa.

Prüfmethoden: Die Norm legt spezifische Verfahren für die Analyse der chemischen Zusammensetzung (ICP-MS), die Mikrostrukturprüfung (REM), die Prüfung der Lichtbogenstabilität und die Prüfung der Ausbrennrate fest. Der Test sollte unter Standard-Schweißbedingungen (Argon-Durchflussrate 10~15 L/min) durchgeführt werden.

Die ISO 6848 bietet einen einheitlichen Rahmen für die weltweite Produktion und den Handel mit Yttrium-Wolframelektroden, die in der Luft- und Raumfahrt, im Energie- und Automobilbau weit verbreitet sind. Ihre hohen Leistungsanforderungen gewährleisten die Zuverlässigkeit der Elektrode beim hochpräzisen Schweißen.

7.1.2 AWS A5.12: Spezifikationen und Leistung von Wolframelektroden

AWS A5.12:2009 "Specification for Tungsten and Oxide Dispersed Tungsten Electrodes for Arc Welding" ist ein Wolframelektrodenstandard, der von der American Welding Society entwickelt wurde und auf dem nordamerikanischen Markt weit verbreitet ist. Die Spezifikationen und Leistungsanforderungen für Yttrium-Wolfram-Elektroden (EWY-2) stimmen in hohem Maße mit der ISO 6848 überein, legen aber in einigen Details mehr Wert auf praktische Anwendungen.

Klassifizierung und Identifizierung: Yttrium-Wolframelektroden sind als EWY-2 gekennzeichnet, mit einem Yttriumoxidgehalt von 1,8 % ~ 2,2 %, und das Ende ist blau lackiert. Der Standard verlangt, dass die Elektrodenverpackung deutlich mit der AWS-Klassifizierung, der Größe und der Chargennummer gekennzeichnet ist, um den Benutzer leicht identifizieren zu können.

Chemische Zusammensetzung: Die Reinheit von Wolfram muss $\geq 99,5$ % betragen, und die Gehaltsabweichung von Yttriumoxid beträgt $\leq \pm 0,1$ %. Die Norm legt besonderen Wert auf die Kontrolle von Verunreinigungen (z.B. Molybdän, Eisen) und verlangt eine ICP-MS- oder RFA-Detektion.

Abmessungen: Durchmesserbereich 0,5 ~ 6,4 mm, Toleranz $\pm 0,05$ mm; Die Länge beträgt 50 ~ 175 mm und die Toleranz beträgt ± 1 mm. Die Norm erlaubt auch kundenspezifische Längen, die nach gegenseitiger Vereinbarung vereinbart werden.

Leistungsanforderungen:

Lichtbogenstabilität: Bei einem Strom von 100~300 A beträgt die Lichtbogendriftrate <5 % und die Startzeit des Lichtbogens < 0,1 Sekunden.

Burnout-Rate: In einem 1-stündigen Test mit 200 A < die Burnout-Rate bei 0,2 mg/min.

Oberflächenqualität: Keine Risse, Oxide oder Ölflecken auf der Elektrodenoberfläche, Rauheit $Ra < 0,4$ μm .

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Prüfung und Zertifizierung: AWS A5.12 verlangt von Herstellern die Bereitstellung von Leistungstestberichten, einschließlich Lichtbogeninitiierung, Ausbrennrate und Kriechbeständigkeit bei hohen Temperaturen. Eine Zertifizierungsstelle, wie z. B. AWS oder ein externes Labor, kann die Elektroden für die Prüfung beproben.

AWS A5.12 ist auf dem nordamerikanischen Markt stark vertreten, insbesondere in der Luft- und Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie, wo die Hersteller verpflichtet sind, sich strikt an Standards zu halten, um die Kundenanforderungen zu erfüllen.

7.1.3 EN 26848: Europäische Norm für Wolframelektroden

EN 26848:1991 ist eine vom Europäischen Komitee für Normung entwickelte Norm für Wolframelektroden, die weitgehend mit ISO 6848 übereinstimmt, aber spezifische Anwendungen auf dem europäischen Markt hat. Die Norm legt die Klassifizierung, Leistung und Prüfverfahren der Yttrium-Wolframelektrode (WY20) fest.

Klassifizierung und Identifizierung: Die Yttrium-Wolframelektrode ist als WY20 gekennzeichnet, der Yttriumoxidgehalt beträgt 1,8 % ~ 2,2 % und das Ende ist blau lackiert. Die Norm verlangt, dass die Elektrodenoberfläche oder -verpackung deutlich mit den Modell- und Herstellerinformationen gekennzeichnet ist.

Chemische Zusammensetzung: Wolframmatrix-Reinheit $\geq 99,5\%$, Verunreinigungsgehalt $< 0,05\%$. Die Gleichmäßigkeit der Verteilung von Yttriumoxid muss durch EDS nachgewiesen werden, und die Abweichung $\leq \pm 0,1\%$.

Abmessungen und Toleranzen: Durchmesser 0,5 ~ 6,4 mm, Toleranz $\pm 0,05$ mm; Die Länge beträgt 50 ~ 175 mm und die Toleranz beträgt ± 1 mm. Die Norm erlaubt auch nicht standardmäßige Größen, vorbehaltlich der vertraglichen Anforderungen.

Leistungsanforderungen:

Lichtbogenleistung: Lichtbogen-Startspannung < 15 V, geeignet für DC- und AC-Schweißen.

Lichtbogenstabilität: Bei 100~200 A beträgt die Lichtbogendrift rate $< 5\%$.

Burnout-Rate: Bei 200 A DC $<$ die Burnout-Rate 0,2 mg/min.

Prüfmethode: Die Norm legt spezifische Verfahren für die Analyse der chemischen Zusammensetzung (ICP-MS), die Prüfung der Oberflächenqualität (mikroskopische Betrachtung) und die Prüfung der Lichtbogenleistung fest. Die Prüfung wird an Standard-WIG-Schweißgeräten durchgeführt.

EN 26848 ist auf dem europäischen Markt für den Automobilbau, die Schiffbauindustrie und die Herstellung von Energieanlagen weit verbreitet und ihre Anforderungen sind in hohem Maße mit ISO 6848 kompatibel, um den internationalen Handel zu erleichtern.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

7.2 Nationale Normen für Yttrium-Wolfram-Elektroden

Als weltweit größter Produzent von Wolframelektroden hat China eine Reihe von nationalen Normen und Industriestandards formuliert, um die Produktion und Anwendung von Yttrium-Wolframelektroden zu regulieren. Diese Normen stellen spezifischere technische Anforderungen, die auf internationalen Normen basieren und mit der tatsächlichen inländischen Produktion kombiniert werden.

7.2.1 GB/T 4192: Technische Bedingungen für Wolframelektroden

GB/T 4192-2017 "Wolframelektrode" ist ein chinesisches nationales Normal für Wolframelektroden für das WIG-Schweißen und das Plasmalichtbogenschweißen, einschließlich Yttrium-Wolframelektroden (WY20).

Klassifizierung und Identifizierung: Die Yttrium-Wolframelektrode ist als WY20 gekennzeichnet, der Yttriumoxidgehalt beträgt 1,8 % ~ 2,2 % und das Ende ist blau lackiert. Der Standard umfasst auch nicht standardmäßige Modelle wie WY10 (1 % Yttriumoxid), die mit dem Modell, der Größe und der Chargennummer auf der Verpackung gekennzeichnet werden müssen.

Chemische Zusammensetzung: Wolframreinheit $\geq 99,5$ %, Gesamtverunreinigung (z. B. Eisen, Silizium) $< 0,05$ %. Die Abweichung des Yttriumoxidgehalts $\leq \pm 0,1$ % und wurde mittels RFA oder ICP-MS nachgewiesen.

Abmessungen und Toleranzen: Durchmesser 0,5 ~ 6,4 mm, Toleranz $\pm 0,05$ mm; Die Länge beträgt 50 ~ 175 mm und die Toleranz beträgt ± 1 mm. Die Oberfläche sollte frei von Rissen und Einschlüssen sein und die Rauheit $Ra < 0,4$ μm betragen.

Leistungsanforderungen:

Lichtbogenstartleistung: Lichtbogenstartspannung < 15 V, Lichtbogenstartzeit $< 0,1$ Sekunden.

Lichtbogenstabilität: Bei 100~300 A beträgt die Lichtbogendrift rate $< 5\%$.

Burnout-Rate: Bei 200 A DC $<$ die Burnout-Rate 0,2 mg/min.

Mechanische Eigenschaften: Härte HV 400~450, Zugfestigkeit > 1000 MPa.

Prüfmethoden: Die Norm legt spezifische Verfahren für die Analyse der chemischen Zusammensetzung (ICP-MS), die Mikrostrukturprüfung (REM), die Prüfung der Lichtbogenstabilität und die Prüfung der Ausbrennrates fest. Die Prüfmittel müssen den nationalen Metrologienormen entsprechen.

GB/T 4192 ist der Kernstandard der chinesischen Wolframelektrodenindustrie, der in der heimischen Luft- und Raumfahrt, im Energie- und Automobilbau weit verbreitet ist.

7.2.2 JB/T 12706: Norm für Wolframelektroden zum Schweißen

JB/T 12706-2016 "Wolframelektrode zum Schweißen" ist eine mechanische Industrienorm, die für WIG- und Plasma-Lichtbogenschweißgeräte geeignet ist und einige Anforderungen von GB/T 4192

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

ergänzt.

Klassifizierung und Identifikation: Yttrium-Wolframelektrode mit WY20 gekennzeichnet, Ende blau lackiert. Die Norm verlangt, dass auf der Elektrodenverpackung das Modell, die Größe, das Herstellungsdatum und die Herstellerinformationen angegeben sind.

Chemische Zusammensetzung: Wolframreinheit $\geq 99,5\%$, Yttriumoxidgehalt $1,8\% \sim 2,2\%$. Die Norm legt den Schwerpunkt auf die Kontrolle von Verunreinigungen (z. B. Kohlenstoff $< 0,01\%$), die durch eine chemische Analyse überprüft werden müssen.

Abmessungen und Toleranzen: Durchmesser $0,5 \sim 6,4$ mm, Toleranz $\pm 0,05$ mm; Die Länge beträgt $50 \sim 175$ mm und die Toleranz beträgt ± 1 mm. Benutzerdefinierte nicht standardmäßige Größen sind zulässig.

Leistungsanforderungen:

Lichtbogenleistung: Lichtbogen-Startspannung < 15 V, geeignet für DC- und AC-Schweißen.

Lichtbogenstabilität: Bei $50 \sim 200$ A beträgt die Lichtbogendriftrate $< 5\%$.

Burnout-Rate: Bei 200 A $<$ die Burnout-Rate $0,2$ mg/min.

Prüfung und Zertifizierung: Die Norm verlangt von den Herstellern, Qualitätszertifikate vorzulegen, einschließlich chemischer Zusammensetzung, Maßgenauigkeit und Lichtbogenleistung. Externe Prüfstellen können zertifiziert werden.

JB/T 12706 ist im Bereich des Maschinenbaus, insbesondere in kleinen und mittelständischen Unternehmen, weit verbreitet und aufgrund seiner relativ flexiblen Anforderungen beliebt.

7.2.3 Branchenspezifische Normen und Spezifikationen

Zusätzlich zu den nationalen Normen haben einige Branchen in China spezielle Spezifikationen entwickelt, die zusätzliche Anforderungen an Yttrium-Wolframelektroden für bestimmte Anwendungsszenarien stellen:

Luft- und Raumfahrtindustrie: Chinesische Normen für die Luftfahrtindustrie (z. B. HB-Serie) verlangen von Yttrium-Wolfram-Elektroden eine höhere Lichtbogenstabilität und eine geringe Flüchtigkeit beim Schweißen von Titanlegierungen und Nickelbasislegierungen mit einer Ausbrandrate von $< 0,15$ mg/min und einer Gasfreisetzungsrate von $< 10^{-6}$ Pa· in einer Vakuumumgebung m^3/s .

Nuklearindustrie: Normen der Nuklearindustrie (wie z. B. die HJB-Serie) betonen die Nicht-Radioaktivität und Korrosionsbeständigkeit von Elektroden mit einer Abweichung des Yttriumoxidgehalts $< \pm 0,05\%$, um die Langzeitstabilität von Schweißnähten in Hochtemperatur- und Hochdruckumgebungen zu gewährleisten.

Schiffbauindustrie: Die Spezifikationen der Schiffbauindustrie verlangen, dass Yttrium-Wolfram-Elektroden eine hervorragende Korrosionsbeständigkeit in chlorhaltigen Umgebungen mit hoher

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Luftfeuchtigkeit aufweisen, und die Oberfläche muss speziell poliert werden ($R_a < 0,2 \mu\text{m}$).

Diese Industriestandards basieren in der Regel auf GB/T 4192, fügen jedoch anwendungsspezifische Prüfanforderungen hinzu, wie z. B. Korrosionsbeständigkeitsprüfungen und Ermüdungsprüfungen bei hohen Temperaturen.

7.3 Normvergleich und Anwendung der Yttrium-Wolfram-Elektrode

7.3.1 Unterschiede und Anwendbarkeit in- und ausländischer Normen

Es gibt gewisse Unterschiede in der Klassifizierung, den Leistungsanforderungen und den Prüfmethoden von Yttrium-Wolframelektroden im In- und Ausland, die sich vor allem in folgenden Aspekten widerspiegeln:

Anforderungen an die chemische Zusammensetzung: ISO 6848 und AWS A5.12 stellen strengere Anforderungen an den Gehalt an Verunreinigungen ($< 0,05\%$), während GB/T 4192 etwas höhere Grenzwerte für Verunreinigungen ($< 0,1\%$) zulässt, um sich an die tatsächliche Situation der heimischen Rohstoffe anzupassen. EN 26848 stimmt mit ISO 6848 überein, hat aber eine lockerere Kontrolle über Spurenelemente wie Kohlenstoff.

Abmessungen und Toleranzen: Internationale Normen (ISO, AWS, EN) entsprechen den Anforderungen an Durchmesser- und Oberflächenrauhigkeit ($\pm 0,05 \text{ mm}$ und $R_a < 0,4 \mu\text{m}$), während GB/T 4192 und JB/T 12706 nicht standardmäßige Größen zulassen, die für die unterschiedlichen Anforderungen des heimischen Marktes geeignet sind.

Leistungstests: ISO 6848 und AWS A5.12 erfordern umfassende Lichtbogenleistungstests (z. B. Lichtbogenleistung, Driftrate) und spezifizieren Standardschweißbedingungen (Argon-Durchflussrate $10\sim 15 \text{ L/min}$). GB/T 4192 und JB/T 12706 verfügen über ähnliche Prüfmethoden, ermöglichen jedoch flexiblere Prüfbedingungen und eignen sich für kleine und mittlere Unternehmen.

Anwendbarkeit:

Internationale Normen: Anwendbar auf den globalen Handel und High-End-Anwendungen, wie z. B. die Luft- und Raumfahrt- und Nuklearindustrie, wobei der Schwerpunkt auf Leistungskonsistenz und Zertifizierungsanforderungen liegt.

Häuslicher Standard: kostengünstigere und praktischere Produktion, geeignet für kleine und mittlere Unternehmen im Inland und allgemeine industrielle Anwendungen.

Industriestandards: Höhere Anforderungen für bestimmte Bereiche (z. B. Luftfahrt, Nuklearindustrie), geeignet für hohe Präzision und anspruchsvolle Umgebungen.

7.3.2 Die leitende Rolle von Normen im Produktionsprozess

In- und ausländische Normen geben durch klare Leistungsindikatoren und Prüfmethoden eine wichtige Orientierungshilfe für den Produktionsprozess von Yttrium-Wolframelektroden:

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Rohstoffaufbereitung: Die Norm verlangt hochreines Wolfram ($\geq 99,5\%$) und Yttriumoxid ($\geq 99,99\%$), was die Hersteller dazu veranlasst, fortschrittliche Reinigungsgeräte (z. B. Lösungsmittelextraktion, Sprühtrocknung) und Qualitätsprüfmethoden (z. B. ICP-MS) einzuführen.

Dotieren und Sintern: Die Anforderung der Norm an die Gleichmäßigkeit der Yttriumoxid-Verteilung (Abweichung $< \pm 0,1\%$) treibt die Anwendung von Sprühdotierungs- und Vakuumsinter-Techniken voran, um die mikrostrukturelle Konsistenz der Elektroden sicherzustellen.

Bearbeitung und Umformung: Standard-Maßtoleranzen ($\pm 0,05\text{ mm}$) und Oberflächenrauheit ($Ra < 0,4\text{ }\mu\text{m}$) erfordern von den Herstellern den Einsatz von Präzisionsziehmaschinen und CNC-Schleifgeräten, um die Bearbeitungsgenauigkeit zu verbessern.

Qualitätskontrolle: Die zahlreichen Prüfungen, die von der Norm gefordert werden (z. B. Lichtbogenstabilität, Ausbrennrate), haben die Hersteller dazu veranlasst, REM, RFA und andere Prüfgeräte einzuführen, um ein umfassendes Qualitätsmanagementsystem einzurichten.

So treibt beispielsweise die Anforderung der ISO 6848 an die Ausbrandrate ($< 0,2\text{ mg/min}$) die Optimierung von Hochtemperatur-Sinteröfen mit präziser Temperaturregelung ($\pm 5\text{ }^\circ\text{C}$) und Atmosphärenmanagement (Sauerstoffgehalt $< 10\text{ ppm}$) voran.

7.3.3 Die normative Rolle von Normen für Anwendungsszenarien

Die Norm regelt den Einsatz von Yttrium-Wolfram-Elektroden in unterschiedlichen Anwendungsszenarien durch Leistungs- und Sicherheitsanforderungen:

Luft- und Raumfahrt: ISO 6848 und AWS A5.12 verlangen von Elektroden eine hervorragende Lichtbogenstabilität und geringe Flüchtigkeit in Hochstrom- ($> 200\text{ A}$) und Vakuumumgebungen, um eine hohe Festigkeit und Luftdichtheit von Schweißnähten aus Titan- und Nickelbasislegierungen zu gewährleisten.

Nuklearindustrie: GB/T 4192 und Industrienormen verlangen, dass Elektroden nicht radioaktiv und korrosionsbeständig sind, für das Schweißen von Reaktordruckbehältern geeignet sind und verhindern, dass Schweißnähte bei hohen Temperaturen und Drücken versagen.

Automobilbau: Die flexiblen Größenanforderungen von JB/T 12706 unterstützen die Anpassung von nicht standardmäßigen Elektroden und erfüllen so die vielfältigen Anforderungen des Schweißens von Karosserieblechen.

Mikroelektronik: Die Standardanforderungen an die Präzision von Mikroelektroden (Durchmesser $0,5 \sim 1,0\text{ mm}$) haben die Anwendung von CNC-Schleif- und elektrochemischen Poliertechniken gefördert, um die Genauigkeit des Mikroschweißens zu gewährleisten.

Die Norm legt auch die Anforderungen an Verpackung, Lagerung und Transport von Elektroden fest, wie z. B. die Forderung nach feuchtigkeits- und stoßfesten Verpackungen und einer klaren Kennzeichnung, um das Risiko von Beschädigungen während des Transports zu verringern.

7.4 Standard-Entwicklungstrend der Yttrium-Wolfram-Elektrode

Mit der kontinuierlichen Entwicklung neuer Materialien, neuer Verfahren und Umweltschutzanforderungen werden auch die Normen für Yttrium-Wolframelektroden kontinuierlich aktualisiert, um den Anforderungen der Industrie und dem technologischen

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Fortschritt gerecht zu werden.

7.4.1 Die Auswirkungen neuer Werkstoffe und Verfahren auf Normen

Nanoskalige Dotierungstechnologie: Die Anwendung von Nano-Yttriumoxid (Partikelgröße 10~100 nm) verbessert die Lichtbogenstabilität und die Ausbrennfestigkeit der Elektrode. Zukünftige Standards könnten eine Klassifizierung von nanodotierten Elektroden (z. B. WY-Nano) hinzufügen und strengere Partikelgrößenverteilungen (Abweichung $\leq \pm 10$ nm) und Leistungstestmethoden (z. B. TEM-Analyse) festlegen.

Komposit-Dotierungselektroden: wie Yttrium-Wolfram-Elektroden sind Komposit-Dotierungen mit Lanthanoxid oder Ceroxid (wie WX4), um die umfassende Leistung zu verbessern. Normen können Klassifizierungen und Leistungsindikatoren für dotierte Kompositelektroden einführen, wie z. B. den Kriechwiderstand (Kriechgeschwindigkeit $< 10^{-6} \text{ s}^{-1}$) und den thermionischen Emissionswirkungsgrad.

Fortschrittliche Fertigungsprozesse: Die Anwendung von Entladungspulverintern (SPS) und intelligenten Fertigungstechniken verbessert die Dichte ($> 99\%$) und Konsistenz der Elektroden. Zukünftige Normen könnten die Anforderungen an die Korngröße ($< 5 \mu\text{m}$) und die Fehlerrate ($< 0,5\%$) für SPS-Elektroden erhöhen.

Diese neuen Technologien und Materialien erfordern Normen zur Aktualisierung der Prüfmethoden, wie z. B. die Hinzufügung einer hochauflösenden TEM-Analyse und einer Echtzeit-Lichtbogenleistungsüberwachung, um die Leistung neuer Elektroden zu validieren.

7.4.2 Aktualisierungen der Umweltschutz- und Sicherheitsnormen

Umweltschutz- und Sicherheitsanforderungen sind wichtige Treiber für Standardaktualisierungen. Die Radioaktivität von Thoriumwolframelektroden hat die breite Anwendung von Yttriumwolframelektroden gefördert, und zukünftige Normen werden die Umweltschutz- und Sicherheitsspezifikationen weiter stärken:

Zertifizierung der Radioaktivitätsfreiheit: Normen können von Herstellern verlangen, dass sie Bescheinigungen über die Radioaktivitätsfreiheit (z. B. Gammastrahlen-Testberichte) vorlegen, um sicherzustellen, dass die Elektroden den Standards der Internationalen Arbeitsorganisation (ILO) und der Weltgesundheitsorganisation (WHO) entsprechen.

Spezifikationen für das Abfallrecycling: Zukünftige Normen können die Recyclingquote ($> 90\%$) von Yttrium-Wolframelektroden und Abfallentsorgungsverfahren festlegen, um die Umweltverschmutzung zu reduzieren.

Arbeitsmedizinische Anforderungen: Die Norm kann Grenzwerte für Schweißrauchemissionen (z. B. $< 0,1 \text{ mg/m}^3$) und betriebliche Schutzanforderungen (z. B. Zwangsbelüftung und Schutzausrüstung) hinzufügen, um die Gesundheit der Bediener zu schützen.

Darüber hinaus können die Normen im Zuge der Verschärfung der globalen Umweltvorschriften

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

(wie z. B. der EU-RoHS-Richtlinie) verlangen, dass der Energieverbrauch und die Abfallflüssigkeitsemissionen im Elektrodenherstellungsprozess bestimmte Grenzwerte einhalten, um die Anwendung umweltfreundlicher Fertigungstechnologien zu fördern.



Kapitel 8 Detektionstechnologie von Yttrium-Wolframelektroden

Als Hochleistungsschweißwerkstoff wirkt sich die Qualität der Yttrium-Wolframelektrode direkt auf die Schweißwirkung und die Anwendungssicherheit aus. Die Detektionstechnologie stellt sicher, dass die Elektroden internationalen und nationalen Standards (z. B. ISO 6848, AWS A5.12, GB/T 4192) entsprechen, indem sie die chemische Zusammensetzung, die physikalischen Eigenschaften, die elektrischen Eigenschaften, die Mikrostruktur und die Umweltsicherheit umfassend bewertet. In diesem Kapitel wird die Detektionstechnologie von Yttrium-Wolframelektroden im Detail erörtert, wobei Chemie, Physik, Elektrizität, Mikrostruktur und Umweltsicherheit abgedeckt werden, und es werden verwandte Geräte und neue Technologien vorgestellt.

8.1 Nachweis der chemischen Zusammensetzung von Yttrium-Wolfram-Elektroden

Die Prüfung der chemischen Zusammensetzung ist der Kern der Qualitätskontrolle von Yttrium-Wolfram-Elektroden und konzentriert sich auf die Gleichmäßigkeit des Yttriumoxidgehalts, der Verunreinigungselemente und der Komponentenverteilung, um die Stabilität und Leistung der Elektrode in Hochtemperatur-Lichtbogenumgebungen sicherzustellen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. Procurement Information

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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

8.1.1 Genaue Messung des Yttriumoxidgehalts

Der Gehalt an Yttriumoxid (Y_2O_3) ist der Schlüsselindex der Yttrium-Wolframelektrode (WY20), und der Standard erfordert einen Gehalt von 1,8 % ~ 2,2 % (Massenanteil) mit einer Abweichung von $\pm 0,1$ %. Die genaue Messung des Yttriumoxidgehalts erfordert hochempfindliche Analysetechniken.

Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)

Die ICP-MS detektiert den Massenanteil von Yttrium durch Plasmaionisation der Probe mit einer Nachweisgrenze von < 1 ppb und einer Genauigkeit von $\pm 0,01$ %. Die Probe muss mit Salpetersäure oder Flusssäure aufgelöst werden, und die Analysezeit beträgt etwa 5 Minuten. ICP-MS ist in der Lage, sowohl Wolfram- als auch Yttriumoxid-Gehalte für eine hochpräzise Laboranalyse zu detektieren. Vorteile: Hohe Empfindlichkeit, geeignet für die Spurenelementanalyse; Nachteile: Komplexe Probenvorbereitung und hohe Gerätekosten.

Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA)

RFA regt die Probenoberfläche mit Röntgenstrahlen an, analysiert die charakteristische Fluoreszenzintensität von Yttrium und Wolfram und misst den Yttriumoxidgehalt mit einer Genauigkeit von $\pm 0,05$ %. RFA ist eine zerstörungsfreie Prüfung mit einer Analysezeit von < 1 Minute und eignet sich daher für die schnelle Inspektion in der Produktionslinie. Vorteile: schnell und verlustfrei; Nachteile: Weniger empfindlich gegenüber leichten Elementen.

Chemische Titrationsmethode

Die chemische Titration misst den Yttriumgehalt durch Säure-Base-Reaktion oder Komplexierungsreaktion mit einer Genauigkeit $\pm 0,1$ %. Obwohl die Methode traditionell ist, eignet sie sich für kleine und mittlere Unternehmen mit geringen Kosten und einfacher Bedienung. Vorteile: niedrige Kosten, einfach zu bedienen; Nachteile: Geringe Genauigkeit und längerer Zeitaufwand.

Während des Messvorgangs wurden mehrere Proben (mindestens 3 verschiedene Stellen) entnommen, um sicherzustellen, dass der Yttriumoxidgehalt repräsentativ war. Die Norm verlangt eine Abweichung von $\pm 0,1$ %, um eine gleichbleibende Elektrodenleistung zu gewährleisten.

8.1.2 Verunreinigungen und Spurenanalytik

Verunreinigungselemente (wie Eisen, Silizium, Kohlenstoff, Kalzium) haben einen erheblichen Einfluss auf die Lichtbogenstabilität und die Ausbrennrage von Yttrium-Wolframelektroden, und die Norm verlangt einen Gesamtverunreinigungsgehalt von $< 0,05$ %. Die Spurenanalytik erfordert den Einsatz hochempfindlicher Geräte.

ICP-MS

Die ICP-MS kann ein breites Spektrum an Verunreinigungselementen (Fe, Si, C, Ca, etc.) mit einer Nachweisgrenze von $< 0,1$ ppb nachweisen und eignet sich daher für die Spurenanalytik. Die Probe muss vollständig aufgelöst werden und die Analysezeit beträgt ca. 5 ~ 10 Minuten. Vorteile: gleichzeitige Erkennung mehrerer Elemente, hohe Genauigkeit; Nachteile: Aufwendige Probenvorbereitung.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Glimmentladungs-Massenspektrometrie (GD-MS)

GD-MS wurde verwendet, um die Probenoberfläche durch Glimmentladung zu ionisieren, um Spurenelemente mit einer Nachweisgrenze von $< 0,01$ ppb zu analysieren. Das Gerät eignet sich für die direkte Analyse von Festkörperelektroden, ohne dass die Probe aufgelöst werden muss. Vorteile: Hohe Empfindlichkeit, verlustfrei; Nachteile: Teure Geräte und komplexe Bedienung.

Atomabsorptionsspektroskopie (AAS)

AAS wird verwendet, um spezifische Verunreinigungselemente (z. B. Fe, Ca) mit einer Nachweisgrenze von < 1 ppm und einer Genauigkeit $\pm 0,1$ % zu detektieren. Die Methode eignet sich für die Einzelelementanalyse und ist kostengünstiger. Vorteile: niedrige Kosten, einfache Bedienung; Nachteile: Erkennen Sie Elemente einzeln, geringer Wirkungsgrad.

Die Verunreinigungsanalyse erstreckt sich auf den Querschnitt und die Oberfläche der Elektrode, um eine lokale Anreicherung zu vermeiden. Die Norm verlangt 50 ppm Eisen $<$, 20 ppm Silizium $<$ und 10 ppm Kohlenstoff $<$, um Lichtbogendrift oder erhöhtes Ausbrennen zu vermeiden.

8.1.3 Feststellung der Gleichmäßigkeit der Komponentenverteilung

Die gleichmäßige Verteilung von Yttriumoxid wirkt sich direkt auf die Lichtbogenstabilität und die mechanischen Eigenschaften der Elektrode aus. Das Detektionsverfahren wertet die Zusammensetzungsverteilung innerhalb und auf der Oberfläche der Elektrode aus.

Energiedispersive Spektroskopie (EDS)

EDS in Kombination mit der Rasterelektronenmikroskopie (REM) analysiert die Elementverteilung von Elektrodenquerschnitten mittels Röntgenenergiespektroskopie mit einer Auflösung von < 1 μm und einer Genauigkeit von $\pm 0,05\%$. Der Detektionsbereich erstreckt sich über die Mitte und den Rand der Elektrode, um die Gleichmäßigkeit der Verteilung von Yttriumoxid zu analysieren. Vorteile: Intuitive Darstellung der Elementverteilung; Nachteile: Beschränkt auf oberflächliche oder oberflächliche Analysen.

Elektronensonden-Mikroanalyse (EPMA)

EPMA nutzt die Elektronenstrahlanregung, um die zweidimensionale Verteilung von Yttrium und Wolfram mit einer Auflösung $< 0,1$ μm und einer Genauigkeit von $\pm 0,01$ % zu analysieren. Das Gerät eignet sich für hochpräzise Analysen mit Detektionstiefen von mehreren Mikrometern. Vorteile: Hohe Auflösung, geeignet für komplexe Proben; Nachteile: teure Geräte, lange Analysezeit.

Röntgentomographie (XCT)

Bei der XCT wird das Innere der Elektrode mit Röntgenstrahlen abgetastet, um eine 3D-Kompositionskarte mit einer Auflösung < 1 μm zu erstellen. Das Gerät kann Agglomeration oder Entmischung von Yttriumoxid nachweisen und ist für die zerstörungsfreie Analyse geeignet. Vorteile: zerstörungsfreie 3D-Prüfung; Nachteile: hohe Kosten für die Ausrüstung und komplexe Datenverarbeitung.

[Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Die Gleichmäßigkeitsprüfung erforderte, dass der Gehalt an Yttriumoxid um $\leq \pm 0,1\%$ und die lokale Agglomerationsfläche um $5\% <$ abweicht. Die Ergebnisse leiten die Optimierung des Dotierungs- und Sinterprozesses.

8.2 Physikalische Eigenschaften von Yttrium-Wolfram-Elektroden

Bei der Prüfung werden die Dichte, Härte, die mechanischen Eigenschaften, die Oberflächenqualität und die Hochtemperatureigenschaften von Yttrium-Wolframelektroden bewertet, um ihre Stabilität und Haltbarkeit während des Schweißprozesses zu gewährleisten.

8.2.1 Prüfung der Dichte, Härte und mechanischen Eigenschaften

Prüfung der Dichte

Die Dichte ist der Schlüsselindex zur Messung der Elektrodendichte, und die Norm verlangt, dass sie nahe an der theoretischen Dichte ($19,1 \sim 19,3 \text{ g/cm}^3$) liegt. Die Archimedes-Entwässerungsmethode verwendet eine hochpräzise elektronische Waage (Genauigkeit $\pm 0,001 \text{ g}$), um die Dichte durch Messung der Masse der Elektrode in Luft und Wasser zu berechnen. Vorteile: einfach und genau; Nachteile: Mehrere Messungen erforderlich, um die Konsistenz zu gewährleisten. Moderne Fabriken verwenden Röntgendichtemessgeräte auch, um die Dichte anhand der Röntgenabsorptionsintensität zu messen, ohne Proben mit einer Genauigkeit $\pm 0,01 \text{ g/cm}^3$ zu zerstören.

Härteprüfung

Bei der Vickers-Härteprüfung (HV) wird eine Vickers-Härteprüfung durchgeführt, eine Last von 1050 N angewendet und die Härte des Elektrodenquerschnitts mit einem Zielwert von 400450 HV gemessen. Die Prüfpunkte bedecken die Mitte und den Rand der Elektrode und sorgen so für Gleichmäßigkeit. Vorteile: hohe Präzision, reflektierende Materialstärke; Nachteile: Erfordert die Vorbereitung von flachen Proben.

Prüfung der mechanischen Eigenschaften

Bei Zug- und Biegefestigkeitsprüfungen wird eine universelle Materialprüfmaschine mit einer Zug- oder Dreipunktbiegekraft aufgebracht, die mit einer Zielzugfestigkeit $> 1000 \text{ MPa}$ und einer Biegefestigkeit $> 800 \text{ MPa}$ aufgebracht wird. Der Test wurde bei Raumtemperatur und hoher Temperatur ($1000 \text{ }^\circ\text{C}$) durchgeführt, um die Verformungsbeständigkeit der Elektrode zu bewerten. Vorteile: Umfassende Bewertung der mechanischen Eigenschaften; Nachteile: Hochtemperaturprüfgeräte sind komplex.

8.2.2 Prüfung der Oberflächengüte und Maßhaltigkeit

Prüfung der Oberflächenrauheit

Die Oberflächenrauheit ($R_a < 0,4 \text{ } \mu\text{m}$) wird mit einem Kontaktprofilmessgerät oder Laser-Oberflächenscanner gemessen, um Kratzer, Oxide oder Einschlüsse auf der Elektrodenoberfläche zu erkennen. Die Auflösung des Geräts $< 0,01 \text{ } \mu\text{m}$ und die Scanlänge beträgt $2 \sim 5 \text{ mm}$. Vorteile: Hohe Präzision, geeignet für die Inspektion in der Produktionslinie; Nachteile: Erfordert eine regelmäßige Kalibrierung.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Prüfung der Maßhaltigkeit

Die Maßgenauigkeit (Durchmesser $\pm 0,05$ mm, Länge ± 1 mm) wird mit einem hochpräzisen Laser-Durchmessermessgerät oder einem digitalen Messschieber gemessen. Das Laser-Durchmessermessgerät tastet den Elektroden Durchmesser mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01$ mm durch einen Laserstrahl ab und ist damit für die Chargenprüfung geeignet. Vorteile: schnell und verlustfrei; Nachteile: Höhere Gerätekosten.

Mikroskopische Untersuchung

Optische Mikroskope (Vergrößerung 100~500 \times) werden zur Inspektion von Oberflächenrissen, Poren oder Einschlüssen in einer Tiefe < 10 μm eingesetzt. Schwerwiegende Fehler (z. B. Risslänge $> 0,1$ mm) müssen ausgeschleust werden. Vorteile: intuitiv und einfach; Nachteile: Beschränkt auf die Oberflächeninspektion.

8.2.3 Prüfung der physikalischen Eigenschaften bei hohen Temperaturen

Bei der Hochtemperatur-Leistungsprüfung wird die Stabilität der Elektrode in einer Schweißumgebung (> 2000 $^{\circ}\text{C}$) bewertet.

Rekristallisationstemperatur bei hohen Temperaturen

Der Test verwendet einen Hochtemperaturofen (2000 ~ 2500 $^{\circ}\text{C}$), um die Elektrode zu erhitzen, kombiniert mit einem Differenz-Scanning-Kalorimeter (DSC), um die Rekristallisationstemperatur und den Zielwert > 2000 $^{\circ}\text{C}$ zu messen. Der Test wird unter Argonschutz gegen Oxidation durchgeführt. Vorteile: genaue Reflexion der hohen Temperaturstabilität; Nachteile: lange Testzeit.

Prüfung des Wärmeausdehnungskoeffizienten

Das thermische Dilatometer misst den Wärmeausdehnungskoeffizienten der Elektrode bei 20~1000 $^{\circ}\text{C}$ mit einem Zielwert von etwa $4,5 \times 10^{-6}$ K^{-1} . Das Gerät erfasst Dimensionsänderungen mittels Laserinterferometrie mit einer Genauigkeit $\pm 0,1 \times 10^{-6}$ K^{-1} . Vorteile: hohe Präzision; Nachteile: Erfordert eine Unterstützung der Hochtemperaturausrüstung.

Prüfung der Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit der Elektrode wurde mit dem Laserblitzverfahren gemessen (Ziel 174 $\text{W/m}\cdot\text{K}$), und ein Hochtemperatur-Laserblitzanalysator wurde verwendet, um den Temperaturbereich von 20~1000 $^{\circ}\text{C}$ zu testen. Vorteile: schnell und genau; Nachteile: teure Ausrüstung.

8.3 Erkennung der elektrischen Eigenschaften der Yttrium-Wolframelektrode

Bei der elektrischen Leistungsprüfung werden die Elektronenemissionsfähigkeit, die Lichtbogenstabilität und der hohe Stromwiderstand von Yttrium-Wolframelektroden bewertet, um ihre Leistung beim WIG- und Plasmalichtbogenschweißen sicherzustellen.

8.3.1 Elektronenaustrittsarbeiten und thermionische Emissionsprüfung

Elektronen-Escape-Arbeitstest

Die Elektronenaustrittsarbeit (Ziel 2,5 ~ 2,7 eV) wird durch Photoelektronenspektrometrie (PES)

[Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

oder thermionische Emissionsvorrichtung gemessen. PES verwendet ultraviolettes Licht, um Elektronen anzuregen und die entwichene Energie zu analysieren. Das thermionische Emissionsgerät erhitzt die Elektrode (1000/1500°C) in einer Vakuumumgebung und misst den Emissionsstrom. Vorteile: Genaue Messung der Elektronenemissionsfähigkeit; Nachteile: Die Ausrüstung ist komplex und erfordert eine Vakuumumgebung.

Thermionischer Emissionstest

Der thermionische Emissionstest wurde unter simulierten Schweißbedingungen (Strom 50~200 A, Vakuum oder Argonumgebung) durchgeführt und die Emissionsstromdichte (Sollwert > 10 A/cm²) wurde mit einem Hochfrequenznetzteil und einem Amperemeter gemessen. Vorteile: spiegelt direkt die Schweißleistung wider; Nachteile: Die Testbedingungen müssen streng kontrolliert werden.

8.3.2 Prüfung der Lichtbogenzündung und Lichtbogenstabilität

Leistungstest für die Lichtbogeninitiierung

Der Lichtbogenleistungstest wurde mit einem WIG-Schweißgerät (Strom 50~200 A, Argon-Durchfluss 10~15 l/min) durchgeführt, um die Lichtbogen Spannung (<15 V) und die Lichtbogenstartzeit (<0,1 Sekunden) zu messen. Das Gerät ist mit einer Hochfrequenz-Zündvorrichtung und einem Spektrumanalysator zur Aufzeichnung der Lichtbogenlichtintensität und der Zündgeschwindigkeit ausgestattet. Vorteile: Realistische Simulation der Schweißumgebung; Nachteile: Erfordert die Unterstützung des Standard-Schweißgeräts.

Stabilität des Lichtbogens

Test Arc Stabilitätstests werden bei einem Strom von 100~300 A durchgeführt, wobei die Lichtbogensdrift (Zielwert <5%) und Spannungsschwankungen (<±1 V) aufgezeichnet werden. Das Gerät verwendet eine Hochgeschwindigkeitskamera (Bildrate > 1000 fps), um die Lichtbogenmorphologie zu beobachten und die Stabilität in Kombination mit einem Spannungs-/Stromrekorder zu analysieren. Vorteile: Intuitive Reflexion der Lichtbogenqualität; Nachteile: Teure Prüfgeräte.

8.3.3 Burnout-Rate-Test unter Hochstrombedingungen

Der Burnout-Rate-Test wurde bei 200 A DC für 1 Stunde durchgeführt, um den Massenverlust der Elektrode zu messen (Zielwert < 0,2 mg/min). Zur Ausstattung gehören eine hochpräzise elektronische Waage (Genauigkeit ±0,01 mg) und ein WIG-Schweißgerät, wobei die Prüfung unter Argonschutz durchgeführt wird. Vorteile: direkte Bewertung der Lebensdauer der Elektrode; Nachteile: Langer Prüfzyklus. Auch beim Hochtemperatur-Ausbrenntest (>300 A) wird ein Plasma-Lichtbogenschweißgerät verwendet, um die Haltbarkeit der Elektrode unter extremen Bedingungen zu bewerten.

8.4 Gefügedetektion von Yttrium-Wolfram-Elektroden

Die Mikrostrukturdetektion bewertet die Korngröße der Elektrode, die Yttriumoxidverteilung und interne Defekte und stellt ihre mechanischen und elektrischen Eigenschaften sicher.

[Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

8.4.1 Analyse der Kornstruktur und -größe

Rasterelektronenmikroskopie (REM)

Mit dem REM wurde die Kornstruktur des Elektrodenquerschnitts mit einer Zielkorngröße von 510 μm und einer Auflösung $< 1 \text{ nm}$ beobachtet. Die Probe muss poliert und mit einer Vergrößerung von 1000~5000 \times geätzt werden. Vorteile: hohe Auflösung, intuitive Darstellung der Kornmorphologie; Nachteile: Aufwendige Probenvorbereitung.

Lichtmikroskop

Optische Mikroskope (Vergrößerung 200~1000 \times) werden zur schnellen Analyse der Korngröße und -verteilung verwendet und eignen sich für die Vorprüfung in der Produktionslinie. Vorteile: einfache Bedienung und niedrige Kosten; Nachteile: Geringere Auflösung als SEM.

8.4.2 Verteilung und Phasenanalyse von Yttriumoxid-Partikeln

Energiedispersive Spektroskopie (EDS)

EDS in Kombination mit REM analysierte die Verteilung von Yttriumoxid-Partikeln mit einer Auflösung $< 1 \mu\text{m}$. Die Detektion erstreckt sich über den Querschnitt der Elektrode, und die Abweichung der Zielverteilung beträgt $< \pm 0,1 \%$. Vorteile: Intuitive Darstellung der Elementverteilung; Nachteile: Beschränkt auf die Oberflächenanalyse.

Röntgenbeugung (XRD)

Die XRD analysierte die Phasenzusammensetzung der Elektrode, um das Fehlen von WO_3 oder anderen oxidierenden Phasen zu bestätigen. Das Gerät verwendet $\text{Cu K}\alpha$ -Strahlen mit einem Abtastwinkel von $10\sim 90^\circ$ und einer Auflösung $\pm 0,01^\circ$. Vorteile: Struktur der zerstörungsfreien Prüfphase; Nachteile: Erfordert eine professionelle Datenanalyse.

8.4.3 Erkennung von internen Defekten (Riss, Porosität)

Röntgentomographie (XCT)

XCT erzeugt ein dreidimensionales Bild der Elektrode, um innere Risse und Poren mit einer Auflösung $< 1 \mu\text{m}$ zu erkennen. Das Gerät eignet sich für die zerstörungsfreie Analyse mit einer Detektionstiefe von mehreren Millimetern. Vorteile: zerstörungsfreie 3D-Prüfung; Nachteile: Teure Geräte und aufwendige Datenverarbeitung.

Ultraschallprüfung

Die Ultraschalldetektion tastet das Innere der Elektrode mit hochfrequenten Schallwellen (5~20 MHz) ab, um Risse und Poren mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1 \text{ mm}$ zu erkennen. Das Gerät ist für die schnelle Inspektion großer Mengen geeignet. Vorteile: schnell und verlustfrei; Nachteile: Weniger empfindlich gegenüber kleinen Defekten.

8.5 Umwelt- und Sicherheitsprüfung von Yttrium-Wolfram-Elektroden

Umwelt- und Sicherheitsprüfungen stellen sicher, dass Yttrium-Wolframelektroden nicht radioaktiv, niedrig toxisch und nachhaltig sind und die Anforderungen an Umwelt und Arbeitsschutz erfüllen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

8.5.1 Zertifizierung als nicht radioaktiv

Die Nicht-Radioaktivität von Yttrium-Wolfram-Elektroden ist ihr Hauptvorteil gegenüber Thorium-Wolfram-Elektroden. Zu den Nachweismethoden gehören:

Detektion von Gammastrahlen

Der Radioaktivitätspegel der Elektrode wird mit einem Gammastrahlendetektor (Empfindlichkeit $< 0,01 \mu\text{Sv/h}$) gemessen, um sicherzustellen, dass keine α , β oder γ Strahlen vorhanden sind. Der Test wurde 24 Stunden lang in einer abgeschirmten Kammer durchgeführt. Vorteile: Hohe Empfindlichkeit zur Gewährleistung der Sicherheit; Nachteile: teure Ausrüstung.

Radionuklid-Analyse

Die Radionuklide in der Elektrode (z. B. Th-232, U-238) wurden mit einem hochreinen Germaniumdetektor analysiert, und die Nachweisgrenze lag bei $< 0,1 \text{ Bq/g}$. Vorteile: Genaue Detektion von Spuren von Radioaktivität; Nachteile: lange Analysezeit.

Die Testergebnisse müssen den Standards der Internationalen Arbeitsorganisation (ILO) und der Weltgesundheitsorganisation (WHO) entsprechen und nachweisen, dass die Elektrode frei von Radioaktivität ist.

8.5.2 Umweltverträglichkeitsprüfung und Recyclingfähigkeit

Prüfung der Umweltverträglichkeit

Bei der Umweltverträglichkeitsprüfung werden die Emissionen (z. B. flüssige Flüssigkeiten, Ruß) während der Herstellung und Verwendung der Elektroden bewertet. Die Schweißrauchkonzentrationen (Zielwert $< 0,1 \text{ mg/m}^3$) wurden mit einem Gasanalysator gemessen und Schwermetalle in der Abfallflüssigkeit mittels Flüssigkeitschromatographie (HPLC) analysiert. Vorteile: Umfassende Bewertung der Umweltauswirkungen; Nachteile: Erfordert mehrere Geräte, um zusammenzuarbeiten.

Bewertung der Wiederherstellung

In Wiederherstellungstests wird die Rückgewinnung von Elektroden durch Hochtemperaturschmelzen und chemische Reinigung bewertet (Ziel $> 90 \%$). Die Ausrüstung umfasst einen Elektrolichtbogenofen und ein Lösungsmittelextraktionssystem, um die Rückgewinnungseffizienz von Wolfram und Yttriumoxid zu testen. Vorteile: Unterstützen Sie die Kreislaufwirtschaft; Nachteile: Der Recyclingprozess ist komplex.

8.5.3 Prüfung des Arbeitsschutzes

Erkennung von Schweißrauch

Die Rußkonzentration beim Schweißen wurde mit einem Feinstaubsammler gemessen, wobei der Zielwert $< 0,1 \text{ mg/m}^3$ lag. Das Gerät ist mit einem hocheffizienten Filter ausgestattet und die Probenahmezeit beträgt 1 ~ 2 Stunden. Vorteile: Direkte Bewertung von Gesundheitsrisiken; Nachteile: Feldtests erforderlich.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Bogenlicht-Detektion

Die UV-Intensität des Bogenlichts (Wellenlänge 200–400 nm) wird mit einem Spektrometer gemessen, um die mögliche Schädigung der Augen und der Haut zu beurteilen. Die Prüfung wird unter Standard-WIG-Schweißbedingungen durchgeführt. Vorteile: Schutz des Bedieners; Nachteile: Erfordert professionelle Schutzausrüstung.

8.6 Prüftechnik und -ausrüstung der Yttrium-Wolframelektrode

8.6.1 Gemeinsame Prüfinstrumente und -grundsätze

ICP-MS: Nachweis der chemischen Zusammensetzung durch Plasmaionisation und Massenspektrometrie mit einer Genauigkeit $\pm 0,01\%$.

RFA: Analysiert den Elementgehalt durch Röntgenfluoreszenz und eignet sich für eine schnelle zerstörungsfreie Detektion.

REM/EDS: Detektion von Mikrostruktur und Elementverteilung durch Elektronenstrahlbildung und Energiespektroskopie.

XRD: Röntgenbeugungsanalyse der Phasenzusammensetzung, um das Fehlen schädlicher oxidierender Phasen zu bestätigen.

XCT: Generiert 3D-Bilder durch Röntgenscan, um interne Defekte zu erkennen.

Vickers-Härteprüfgerät: Misst die Härte durch Eindrücken und bewertet die mechanischen Eigenschaften.

Laser-Durchmessermessgerät: Maßgenauigkeit, gemessen durch Laserscanning, mit einer Genauigkeit $\pm 0,01$ mm.

8.6.2 Fortschrittliche Detektionstechnologien (KI-gestützt, In-situ-Analyse usw.)

KI-gestützte Erkennung

Die KI-Technologie analysiert REM-, RFA- und XRD-Daten mithilfe von Algorithmen des maschinellen Lernens, um die Elektrodenleistung (z. B. Burn-out-Rate, Lichtbogenstabilität) vorherzusagen. Das System optimiert die Erkennungsparameter auf der Grundlage historischer Daten, und die Fehlererkennungsrate $> 95\%$. Vorteile: Verbesserung der Effizienz, Reduzierung manueller Fehler; Nachteile: Erfordert viele Trainingsdaten.

In-situ-Analysetechniken

Die In-situ-Analyse kombiniert Hochtemperaturofen und REM/TEM, um die Mikrostrukturänderungen von Elektroden bei hohen Temperaturen ($>2000\text{ }^{\circ}\text{C}$) in Echtzeit zu beobachten. Das Gerät ist mit einem Hochtemperatur-Probenstisch und einem dynamischen Bildgebungssystem mit einer Auflösung < 1 nm ausgestattet. Vorteile: Intuitive Reflexion der Leistung bei hohen Temperaturen; Nachteile: Komplexe Ausrüstung und hohe Kosten.

Online-Spektralanalyse

Der Online-Spektralanalysator bewertet die Lichtbogenstabilität und die Verflüchtigung von Verunreinigungen, indem er das Lichtbogenspektrum in Echtzeit mit einer Analysezeit von $< 0,1$ Sekunden überwacht. Vorteile: schnelle Rückmeldung, geeignet für die Überwachung in der Produktionslinie; Nachteile: Erfordert ein hochpräzises Spektrometer.

[Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Diese fortschrittlichen Technologien verbessern die Effizienz und Genauigkeit der Inspektion und fördern die intelligente Entwicklung der Qualitätskontrolle von Yttrium-Wolframelektroden.



Kapitel 9 Häufige Probleme und Lösungen für Yttrium-Wolframelektroden

Die Yttrium-Wolframelektrode (WY20) wird aufgrund ihrer hervorragenden Lichtbogenstabilität, niedrigen Ausbrennrate und nicht-radioaktiven Eigenschaften häufig beim WIG-Schweißen, Plasma-Lichtbogenschweißen und Nicht-Schweißen eingesetzt. Benutzer können jedoch auf Probleme wie instabile Lichtbögen, schnelles Durchbrennen der Spitze und Schwierigkeiten beim Lichtbogenbildung während des Gebrauchs stoßen. In diesem Kapitel werden die Ursachen dieser Probleme im Detail analysiert und gezielte Lösungen vorgestellt, die dem Anwender helfen, die Schweißleistung und die Lebensdauer der Elektroden zu optimieren.

9.1 Mögliche Ursachen für die Lichtbogeninstabilität von Yttrium-Wolfram-Elektroden

Die Instabilität des Lichtbogens ist ein häufiges Problem bei der Verwendung von Yttrium-Wolframelektroden, das sich in Lichtbogendrift, Unterbrechungen oder Schwierigkeiten bei der Steuerung des Schweißbades äußert, was zu einer Verschlechterung der Schweißqualität führen kann. Im Folgenden werden die Ursachen unter vier Aspekten analysiert: Geometrie der Elektrodenspitze, Stromparameter, Schutzgas und Oberflächenverschmutzung.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

9.1.1 Unsachgemäße Geometrie der Elektrodenspitze

Grund: Die Geometrie der Elektrodenspitze (z.B. Winkel, Radius) wirkt sich direkt auf die Konzentration und Stabilität des Lichtbogens aus. Der Spitzenwinkel der Yttrium-Wolframelektrode beträgt normalerweise $15^\circ \sim 60^\circ$ und der Spitzenradius beträgt $0,1 \sim 0,5$ mm. Wenn der Winkel zu klein ist ($<15^\circ$), ist der Lichtbogen zu konzentriert, was zu einer Überhitzung der Spitze führen kann; Wenn der Winkel zu groß ist ($>60^\circ$), wird der Lichtbogen zerstreut und die Stabilität nimmt ab. Darüber hinaus können ungleichmäßiger Spitzenschliff oder das Vorhandensein von Graten zu einer Lichtbogenverschiebung führen.

Lösung:

Präzise Bearbeitung der Spitze mit einer CNC-Schleifmaschine mit einem empfohlenen Winkel von $30^\circ \sim 45^\circ$ und einem Spitzenradius von $0,2 \sim 0,3$ mm, geeignet für die meisten WIG-Schweißszenarien.

Überprüfen Sie regelmäßig die Spitzenform und verwenden Sie zum Schleifen eine Diamantschleifscheibe, um eine glatte und gratfreie Oberfläche zu gewährleisten.

Stellen Sie den Winkel je nach Schweißmaterial ein: 30° für Titanlegierungen (Tiefschweißen), 45° für Edelstahl (mittlere Einbrandtiefe).

Nach dem Schleifen wird die Spitze mit einem Mikroskop ($100\times$ Vergrößerung) inspiziert, um sicherzustellen, dass keine Mikrorisse oder unregelmäßigen Formen vorhanden sind.

Vorsichtsmaßnahmen:

Legen Sie Standardarbeitsanweisungen (SOPs) für das Hochgradschleifen fest und schulen Sie die Bediener.

Verwenden Sie eine spezielle Schleifvorrichtung, um gleichbleibende Schleifwinkel zu gewährleisten.

9.1.2 Probleme bei der Typen- und Parametereinstellung

Ursache: Die Art des Stroms (DC-positive Polarität DCEN, DC-Verpolung DCEP oder AC-AC) und die Parametereinstellungen haben einen erheblichen Einfluss auf die Lichtbogenstabilität. Yttrium-Wolframelektroden eignen sich für das DC-Schweißen mit positiver Polarität (DCEN) oder AC-Schweißen mit einem Strombereich von $50 \sim 300$ A. Bei Verwendung von DCEP wird die Elektrodenspitze überhitzt, was leicht zu Lichtbogendrift führen kann; Wenn der Strom zu hoch ist (>300 A), wird der Elektrodendurchbrand verschlimmert; Wenn der Strom zu niedrig ist (<50 A), ist es schwierig, die Stabilität des Lichtbogens aufrechtzuerhalten.

Lösung:

DCEN wird bevorzugt, der Strom wird bei $100 \sim 200$ A geregelt und eignet sich zum Schweißen von Titanlegierungen und Edelstahl.

Verwenden Sie zum AC-Schweißen (z. B. Aluminiumlegierung) ein Rechteckwellen-AC-Netzteil mit einer Frequenz von $50 \sim 150$ Hz und einer Ausgleichssteuerung von $50\% \sim 70\%$, um eine Überhitzung der Spitze zu reduzieren.

Stellen Sie den Strom entsprechend der Dicke des Werkstücks ein: $50 \sim 100$ A für dünne Bleche (<2 mm) und $150 \sim 250$ A für dicke Bleche (>5 mm).

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Beim Puls-WIG-Schweißen beträgt die Impulsfrequenz 110 Hz und der Spitzenstrom ist 20 % ~ 30 % höher als der Basisstrom, wodurch die Lichtbogenstabilität verbessert wird.

Vorsichtsmaßnahmen:

Anhand einer Datenbank mit Schweißparametern wird die optimale StromEinstellung basierend auf Material und Dicke ausgewählt.

Kalibrieren Sie das Schweißgerät regelmäßig, um eine stabile Stromabgabe zu gewährleisten.

9.1.3 Unzureichende Qualität oder Durchflussmenge des Schutzgases

Ursache: Die Masse und der Durchfluss des Schutzgases (in der Regel Argon oder Helium) wirken sich direkt auf die Lichtbogenumgebung aus. Argongas muss $\geq 99,99$ % Reinheit und einem Sauerstoffgehalt < 10 ppm haben. Wenn das Gas Verunreinigungen (z. B. Sauerstoff, Wasserdampf) enthält, kann die Elektrodenoberfläche oxidieren, was zu einer Instabilität des Lichtbogens führt. Ein unzureichender Durchfluss (< 8 l/min) kann den Lichtbogen der Luft aussetzen, während ein zu hoher Durchfluss (> 20 l/min) Turbulenzen verursachen kann, die den Lichtbogen stören können.

Lösung:

Verwendet hochreines Argon (99,999%) und ist mit einem Gasfilter ausgestattet, um Wasserdampf und Sauerstoff zu entfernen.

Stellen Sie den Gasdurchfluss ein: 8 ~ 12 l / min für das Schweißen dünner Bleche und 12 ~ 15 l / min für das Schweißen von dicken Blechen.

Überprüfen Sie Gasleitungen, um sicherzustellen, dass keine Lecks oder Verunreinigungen vorhanden sind, und verwenden Sie Durchflussmesser, um den Durchfluss präzise zu steuern.

Beim Hochpräzisionsschweißen können Argon-Helium-Gemische (Verhältnis 3:1) verwendet werden, um die Lichtbogentemperatur und -stabilität zu verbessern.

Vorsichtsmaßnahmen:

Regelmäßige Prüfung der Gasreinheit mit einem Gasanalysator (Nachweisgrenze < 1 ppm).

Legen Sie Gasspeicher- und Verwendungsspezifikationen fest, um Feuchtigkeit oder Verunreinigung des Gases zu vermeiden.

9.1.4 Verschmutzung oder Oxidation der Elektrodenoberfläche

Ursache: Verunreinigungen der Elektrodenoberfläche (z. B. Öl, Staub) oder Oxidation (Bildung von WO_3) können die Elektronenemission beeinträchtigen und zu einer Instabilität des Lichtbogens führen. Verunreinigungen können durch unsaubere Lagerumgebungen oder unsachgemäße Handhabung entstehen, während Oxidation in der Regel auftritt, wenn die Elektroden Luft oder hohen Temperaturen ausgesetzt sind.

Lösung:

Verwenden Sie wasserfreies Ethanol oder Aceton, um die Elektrodenoberfläche zu reinigen, und verwenden Sie einen Ultraschallreiniger (Frequenz 20~40 kHz), um Öl- und Oxidschichten zu entfernen.

Schleifen Sie die Elektrodenspitze, um die Oxidschicht zu entfernen und die Oberflächengüte

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

(Ra<0,4 µm) wiederherzustellen.

Lagern Sie die Elektroden in einer verschlossenen Verpackung und stellen Sie sie in einer trockenen, belüfteten Umgebung (Luftfeuchtigkeit < 60%) auf.

Prüfen Sie vor dem Schweißen die Elektrodenoberfläche und bestätigen Sie mit einem optischen Mikroskop (Vergrößerung 50×), dass keine Spuren von Verschmutzung oder Oxidation vorhanden sind.

Vorsichtsmaßnahmen:

Legen Sie Spezifikationen für die Lagerung und Verwendung von Elektroden fest, um den Kontakt mit Öl oder Feuchtigkeit zu vermeiden.

Sorgen Sie während des Schweißvorgangs für eine kontinuierliche Zufuhr von Schutzgas, um zu vermeiden, dass die Elektrode der Luft ausgesetzt wird.

9.2 Ursachen und Gegenmaßnahmen für das schnelle Abbrennen von Yttrium-Wolfram-Elektroden spitzen

Das schnelle Durchbrennen der Spitze ist ein häufiges Problem unter den Benutzern, das sich durch schnellen Verschleiß oder Schmelzen der Elektroden spitze äußert und ihre Lebensdauer verkürzt. Im Folgenden finden Sie eine Analyse der Gründe und eine Gegenmaßnahme.

9.2.1 Übermäßiger Strom oder falsche Polaritätswahl

Ursache: Ein zu hoher Strom (>300 A) oder eine falsche Polarität (z. B. DCEP) können zu einer Überhitzung der Spitze führen, was das Durchbrennen beschleunigt. Die Ausbrennrate der Yttrium-Wolframelektrode beträgt unter DCEN-Bedingungen etwa 0,1 ~ 0,2 mg/min, kann jedoch unter DCEP oder hohem Strom auf mehr als 0,5 mg/min ansteigen.

Lösung:

Mit DCEN wird der Strom auf 100~250 A geregelt, um eine Überhitzung der Spitze zu vermeiden. Stellen Sie beim AC-Schweißen den Ausgleichsregler (Vorwärtszeit <30 %) ein, um die Aufheizzeit der Spitze zu reduzieren.

In Hochstromszenarien (>200 A) werden Elektroden mit größerem Durchmesser (3,2 ~ 4,8 mm) verwendet, um die Wärmekapazität zu erhöhen.

Überwachen Sie die Leistung des Schweißgeräts und verwenden Sie einen Stromlogger, um einen stabilen Strom ohne plötzliche Änderungen zu gewährleisten.

Vorsichtsmaßnahmen:

Wählen Sie den geeigneten Strom und die Polarität je nach Schweißmaterial unter Bezugnahme auf die Norm ISO 6848.

Mit Hilfe eines intelligenten Schweißgeräts wird der Strom automatisch angepasst, um die Elektrode zu schützen.

9.2.2 Optimierung des Spitzenschleifwinkels und der Oberflächenbehandlung

Ursache: Ein zu kleiner Spitzenwinkel (<15°) oder eine raue Oberfläche (Ra>0,4 µm) können zu einer zu hohen Stromdichte führen und das Ausbrennen beschleunigen. Ungleichmäßiger Schliff

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

kann zu lokalen Hot Spots führen, die das Schmelzen der Spitze verschlimmern.

Lösung:

Schleifen Sie die Spitze auf $30^\circ \sim 45^\circ$, der Spitzenradius beträgt $0,2 \sim 0,3$ mm und die Diamantschleifscheibe wird verwendet, um eine glatte Oberfläche zu gewährleisten.

Elektrochemisches Polieren (Schwefelsäure-Phosphorsäure-Elektrolyt, Spannung 5~15 V) wurde verwendet, um die Oberflächenrauheit auf $Ra < 0,4 \mu\text{m}$ zu reduzieren.

Überprüfen Sie die Schleifqualität und bestätigen Sie mit einem Mikroskop (Vergrößerung 100×), dass an der Spitze keine Grate oder Mikrorisse vorhanden sind.

Schleifen Sie die Spitze regelmäßig nach und überprüfen Sie sie alle 1~2 Stunden des Schweißens.

Vorsichtsmaßnahmen:

Der Einsatz von CNC-Schleifmaschinen sorgt für gleichbleibende Spitzenwinkel und Oberflächenqualität.

Schulen Sie die Bediener, um die richtigen Schleiftechniken zu beherrschen.

9.2.3 Art und Durchflussmenge des Schutzgases einstellen

Ursache: Unzureichendes Schutzgas oder Verunreinigungen führen zur Oxidation der Spitze, zur Bildung von flüchtigen WO_3 -Bestandteilen und beschleunigen das Ausbrennen. Ein hoher Heliumanteil ($>50\%$) kann die Lichtbogentemperatur erhöhen und den Spitzenverlust verschlimmern.

Lösung:

Es wird hochreines Argongas (99,999%) mit einer Durchflussrate von 10~15 L/min verwendet, um sicherzustellen, dass die Spitze vor Oxidation geschützt ist.

Versuchen Sie beim Hochstromschweißen ein Argon-Helium-Gemisch (Verhältnis 4:1), um die Lichtbogentemperatur und die Schutzwirkung auszugleichen.

Überprüfen Sie die Gasleitung und verwenden Sie einen Durchflussmesser (Genauigkeit $\pm 0,1$ l/min), um einen stabilen Durchfluss zu gewährleisten.

Beim Vakuum- oder Hochpräzisionsschweißen wird hochreines Helium (Durchflussrate $8 \sim 12$ L/min) verwendet, um das Ausbrennen der Spitze zu reduzieren.

Vorsichtsmaßnahmen:

Warten Sie regelmäßig das Gasversorgungssystem, überprüfen Sie die Dichtheit von Filter und Leitung.

Zeichnen Sie Gasverbrauchsparameter auf, um die Einhaltung der Anforderungen des Schweißprozesses sicherzustellen.

9.2.4 Elektrode durch einen höheren Yttriumoxid-Gehalt ersetzen

Grund: Standard-WY20-Elektroden (Yttriumoxid $1,8\% \sim 2,2\%$) können bei extrem hohen Strömen (>400 A) oder in extremen Umgebungen (wie z. B. Plasmaschweißen) schnell durchbrennen.

Elektroden mit höherem Yttriumoxidgehalt (z. B. WY30, Yttriumoxid $2,5\% \sim 3,0\%$) haben höhere Rekristallisationstemperaturen und eine höhere Ausbrennfestigkeit.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Lösung:

In Hochstrom- oder Hochtemperaturszenarien kann die Burnout-Rate durch die Verwendung einer WY30-Elektrode um 20 % ~ 30 % reduziert werden.

Wenden Sie sich an Lieferanten, um Elektroden mit hohem Yttriumoxidgehalt anzupassen und die Einhaltung der Normen ISO 6848 oder GB/T 4192 sicherzustellen.

Es wurden Elektroden mit unterschiedlichen Yttriumoxid-Gehalten getestet und die Burnout-Raten aufgezeichnet (Zielwert < 0,15 mg/min).

In Anbetracht von Kosten und Leistung ist der Preis der WY30-Elektrode etwa 10% ~ 20% höher.

Vorsichtsmaßnahmen:

Wählen Sie das passende Elektrodenmodell entsprechend der Schweißaufgabe, um eine Über- oder Unterleistung zu vermeiden.

Richten Sie eine Elektrodenleistungsdatenbank ein, um die anwendbaren Szenarien verschiedener Modelle aufzuzeichnen.

9.3 So wählen Sie den geeigneten Yttriumoxid-Gehalt aus

Der Yttriumoxidgehalt beeinflusst die Lichtbogenstabilität, die thermionische Emissionskapazität und die Lebensdauer der Elektrode. Im Folgenden werden die Auswahlprinzipien unter den Aspekten Schweißmaterial, Stromtyp, Umgebung und Kosten analysiert.

9.3.1 Auswahl nach dem Schweißmaterial (Titanlegierung, Nickelbasislegierung usw.).

Analyse: Unterschiedliche Schweißmaterialien haben unterschiedliche Anforderungen an die Elektrodenleistung. Titanlegierungen erfordern einen geringen Wärmeeintrag und eine stabile Lichtbogenbildung, Nickelbasislegierungen erfordern eine hohe Strombelastbarkeit und rostfreie Stähle eignen sich für moderate Ströme und universelle Eigenschaften.

Vorschlag:

Titanlegierung: WY20 (Yttriumoxid 1,8% ~ 2,2%), Strom 100~200 A, Spitzenwinkel 30°, geeignet für Vakuum- oder Argongasschutzschweißen.

Nickelbasislegierung: WY30 (Yttriumoxid 2,5% ~ 3,0%), Strom 150~300 A, Spitzenwinkel 45°, um die Anforderungen des Tiefschmelzschweißens zu erfüllen.

Edelstahl: WY20 oder WY15 (Yttriumoxid 1,0% ~ 1,5%), Strom 50~150 A, starke Vielseitigkeit.

Aluminiumlegierung: WY20, AC-Schweißen, Strom 50 ~ 200 A, Gleichgewichtskontrolle 50% ~ 70%.

Werkzeug:

Beziehen Sie sich auf das Materialschweißhandbuch, um das Elektrodenmodell und die Prozessparameter abzugleichen.

Elektroden mit unterschiedlichen Yttriumoxid-Gehalten werden getestet, um die Schweißqualität und die Lebensdauer der Elektroden zu bewerten.

9.3.2 Abstimmung von Stromart und -stärke

Analyse: Die positive Polarität (DCEN) ist für die meisten Metallschweißungen geeignet, das AC-

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Schweißen wird für Aluminiumlegierungen usw. verwendet. Der Yttriumoxid-Gehalt beeinflusst die Stromtragfähigkeit der Elektrode.

Vorschlag:

DCEN: WY20, Strom 50~250 A, geeignet für Titanlegierungen, Edelstahl und Nickelbasislegierungen.

AC: WY20, Strom 50 ~ 200 A, Frequenz 50 ~ 150 Hz, geeignet für Aluminiumlegierungen und Magnesiumlegierungen.

Hoher Strom (>300 A): WY30, verbesserte Brennbeständigkeit und geeignet für das Schweißen von dicken Blechen.

Niedriger Strom (<50 A): WY15, reduzierte Kosten, geeignet für das Mikrolöten von dünnen Blechen.

Werkzeug:

Verwenden Sie einen Schweißparameter, um den Stromtyp und die Intensität zu optimieren.

Testen Sie regelmäßig die Leistung der Elektroden, um sicherzustellen, dass die Schweißaufgaben übereinstimmen.

9.3.3 Auswahl unter besonderer Umgebung (Vakuum, hohe Temperatur).

Analyse: Vakuum- oder Hochtemperaturumgebungen (z. B. Plasmalichtbogenschweißen) erfordern eine geringe Flüchtigkeit und hohe Rekristallisationstemperaturen für Elektroden. Der WY20 eignet sich gut für Vakuumumgebungen, und der WY30 eignet sich für Szenarien mit ultrahohen Temperaturen.

Vorschlag:

Vakuumumgebung: WY20, Vakuumgrad 10^{-3} ~ 10^{-5} Pa, Abbrandrate <0,1 mg/min, geeignet für das Schweißen von Halbleitern und Luft- und Raumfahrt.

Hochtemperaturumgebung: WY30, Lichtbogentemperatur > 10000 °C, geeignet für Plasmalichtbogenschweißen oder Sprühen.

Korrosive Umgebung: WY20, mit Argonschutz, starke Oxidationsbeständigkeit, geeignet für die Schiffstechnik.

Werkzeug:

Wählen Sie Elektroden, die den Normen ISO 6848 oder GB/T 4192 entsprechen, um eine geringe Flüchtigkeit zu gewährleisten.

Testen Sie die Leistung der Elektrode in der Zielumgebung, indem Sie die Ausbrennrate und die Lichtbogenstabilität aufzeichnen.

9.3.4 Bilanzanalyse von Leistung und Kosten

Analyse: Ein hoher Yttriumoxidgehalt (z. B. WY30) verbessert die Leistung, aber die Kosten steigen um 10 % ~ 20 %. Die Benutzer müssen die richtige Elektrode entsprechend den Anforderungen der Aufgabe und des Budgets auswählen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Vorschlag:

Hochpräzises Schweißen: Priority WY30 für hervorragende Leistung und geeignet für die Luft- und Raumfahrt sowie die Nuklearindustrie.

Allgemeine Industrie: Wählen Sie WY20, kostengünstig, um die meisten Anforderungen an das WIG-Schweißen zu erfüllen.

Kostengünstiges Szenario: WY15, Reduzierung der Beschaffungskosten, geeignet für dünnes Blech- oder Niedrigstromschweißen.

Lebenspriorität: WY30, 20% ~ 30% längere Lebensdauer, reduzieren Sie die Austauschhäufigkeit.

Werkzeug:

Richten Sie ein Kostenmodell für die Elektrodenauswahl ein, das die Anschaffungskosten, die Lebensdauer und die Schweißeffizienz umfassend berücksichtigt.

Kommunizieren Sie mit Lieferanten, um Kosten zu senken, indem Sie in großen Mengen einkaufen.

9.4 Gegenmaßnahmen gegen die Schwierigkeit der Lichtbogenbildung von Yttrium-Wolframelektroden

Lichtbogenprobleme äußern sich in einer verzögerten oder fehlgeschlagenen Lichtbogenzündung, die die Schweißeffizienz beeinträchtigt. Im Folgenden werden die Gründe analysiert und Lösungsansätze vorgeschlagen.

9.4.1 Überprüfen Sie die Oberflächenreinheit und den Spitzenstatus der Elektroden

Ursache: Verunreinigungen der Elektrodenoberfläche (Öl, Oxide) oder Verschleiß der Spitze können die Lichtbogenspannung erhöhen und den Wirkungsgrad der Elektronenemission verringern.

Lösung:

Verwenden Sie wasserfreies Ethanol, um die Elektrode zu reinigen, und verwenden Sie eine Ultraschallreinigungsmaschine (Frequenz 20~40 kHz), um Verunreinigungen zu entfernen.

Schleifen Sie die Spitze in einem Winkel von 30°~45° und einem Radius von 0,2~0,3 mm mit einer Diamantschleifscheibe nach.

Überprüfen Sie den Zustand der Spitze und verwenden Sie ein Mikroskop (Vergrößerung 100×), um zu bestätigen, dass keine Oxide oder Mikrorisse vorhanden sind.

Verwenden Sie bei der Lagerung von Elektroden eine luftdichte Verpackung, um eine Kontamination zu vermeiden.

Vorsichtsmaßnahmen:

Formulieren Sie Elektrodenreinigungs- und Inspektionsspezifikationen, die vor dem Schweißen überprüft werden müssen.

Verwenden Sie spezielle Vorrichtungen, um die Elektroden zu sichern, um eine Kontamination des Vorgangs zu verhindern.

9.4.2 Optimierung der Parameter für den Hochfrequenz-Lichtbogenstart

Ursache: Falsche Parameter des Hochfrequenz-Lichtbogenstarters (z. B. zu niedrige Frequenz oder unzureichende Spannung) führen zum Ausfall der Lichtbogenzündung. Die geringe Fluchtleistung (2,5 ~ 2,7 eV) der Yttrium-Wolframelektrode ist für hochfrequente Lichtbögen geeignet, muss

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

jedoch vernünftig eingestellt werden.

Lösung:

Stellen Sie die hochfrequente Lichtbogenfrequenz auf 10~20 kHz und die Spannung auf 5~10 kV ein, um eine schnelle Lichtbogenzündung zu gewährleisten.

Überprüfen Sie das Hochfrequenzgerät des Schweißgeräts, reinigen Sie das Elektrodenfutter und den Erdungsdraht und verringern Sie den Übergangswiderstand.

Die Verwendung von hochfrequentem Impulslichtbogen und einer Impulsbreite von 0,1 ~ 0,5 ms kann die Erfolgsrate des Lichtbogens verbessern.

Startzeit des Testlichtbogens, Ziel < 0,1 Sekunden.

Vorsichtsmaßnahmen:

Warten Sie regelmäßig das Hochfrequenzgerät des Schweißgeräts, um eine stabile Leistung zu gewährleisten.

Mit Hilfe einer intelligenten Schweißmaschine werden die Parameter des Lichtbogenstarts automatisch optimiert.

9.4.3 Stellen Sie den Abstand zwischen Elektrode und Werkstück ein

Gründe: Der Abstand zwischen Elektrode und Werkstück ist zu groß (>3 mm), um zu einer unzureichenden elektrischen Feldstärke und Schwierigkeiten bei der Lichtbogenbildung zu führen. Ein zu kleiner Abstand (<1 mm) kann zu einem Kurzschluss oder einer Verschmutzung führen.

Lösung:

Der Abstand zwischen der Elektrode und dem Werkstück wird auf 1,5 ~ 2,5 mm eingestellt, was für die meisten WIG-Schweißszenarien geeignet ist.

Verwenden Sie einen Schweißbrenner, um die Elektrode zu sichern, um einen stabilen Abstand zu gewährleisten.

Beim Mikroschweißen kann der Abstand auf 1 ~ 1,5 mm reduziert werden, um die Lichtbogenkonzentration zu verbessern.

Die Entfernungsmessung erfolgte mit einem Laser-Entfernungsmesser (Genauigkeit ±0,1 mm).

Vorsichtsmaßnahmen:

Schulen Sie die Bediener, um die richtige Abstandseinstellung zu beherrschen.

Beim automatisierten Schweißen werden Sensoren eingesetzt, um Abstände in Echtzeit zu überwachen.

9.4.4 Elektrode austauschen oder Stabilität der Stromversorgung prüfen

Ursache: Durch Alterung der Elektrode oder Schwankungen der Versorgungsspannung kann es zu Schwierigkeiten beim Lichtbogenschluss kommen. Die Lebensdauer von Yttrium-Wolframelektroden beträgt im Allgemeinen 100 ~ 150 Stunden, und die Elektronenemissionseffizienz nimmt nach der Lebensdauer ab.

Lösung:

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Ersetzen Sie die Elektrode durch eine neue, wählen Sie WY20 oder WY30 und stellen Sie sicher, dass die Norm (ISO 6848) eingehalten wird.

Überprüfen Sie die Stabilität der Stromversorgung und überwachen Sie Schwankungen der Ausgangsspannung ($\leq \pm 5\%$) mit einem Voltmeter (Genauigkeit $\pm 0,1$ V).

Reinigen Sie die Kontaktpunkte des Schweißgeräts, um sicherzustellen, dass das Elektrodenfutter nicht oxidiert oder locker ist.

Testen Sie die Leistung der Elektrode, zeichnen Sie die Lichtbogenspannung und -zeit auf.

Vorsichtsmaßnahmen:

Legen Sie Elektrodenwechselzyklen fest und erfassen Sie die Nutzungszeit.

Kalibrieren Sie das Schweißgerät regelmäßig, um eine stabile Stromversorgung zu gewährleisten.

9.5 Yttrium-Wolfram gemischt mit anderen Wolframelektroden

Das Mischen verschiedener Arten von Wolframelektroden (z. B. Yttrium-Wolfram, Thorium-Wolfram, Lanthan-Wolfram) kann zu einer verminderten Leistung oder Verwirrung im Betrieb führen. Im Folgenden werden die Auswirkungen von Misch- und Managementempfehlungen analysiert.

9.5.1 Auswirkungen des Mischens auf die Lichtbogenleistung

Grund: Die Elektronenaustrittsarbeit und die thermische Stabilität verschiedener Elektroden sind sehr unterschiedlich. Yttrium-Wolfram-Elektroden (Fluchtarbeit 2,5 ~ 2,7 eV) eignen sich für DCEN- und AC-Schweißen, während Thorium-Wolfram (WT20, Fluchtarbeit 2,6 ~ 2,8 eV) bei DCEP besser abschneidet und Lanthan-Wolfram (WL20, Fluchtarbeit 2,8 ~ 3,0 eV) für niedrige Ströme geeignet ist. Das Mischen kann zu instabilen Lichtbögen oder Schwierigkeiten bei der Lichtbogenbildung führen.

Lösung:

Vermeiden Sie Vermischungen, bevorzugen Sie WY20, stimmen Sie das Schweißmaterial und die Stromart ab.

Wenn gemischt, testen Sie die Leistung des Lichtbogens, und notieren Sie die Driftrate (Zielwert $< 5\%$) und die Startzeit des Lichtbogens ($< 0,1$ Sekunden).

Beim AC-Schweißen wird die Verwendung von Yttrium-Wolfram-Elektroden bevorzugt, um Überhitzungsprobleme von Thorium-Wolfram-Elektroden zu vermeiden.

Verwenden Sie die Schweißparameterdatenbank, um die Strom- und Gaseinstellungen für gemischt genutzte Szenarien zu optimieren.

Vorsichtsmaßnahmen:

Richten Sie ein Elektrodenklassifizierungs- und -aufbewahrungssystem ein, um Verwirrung zu vermeiden.

Schulen Sie die Bediener, um die Leistungsunterschiede zwischen verschiedenen Elektroden zu verstehen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. Procurement Information

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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

9.5.2 Probleme mit Elektrodenverlusten durch Mischen

Ursache: Durch Mischen kann es zu einem erhöhten Elektrodendurchbrennen kommen. Zum Beispiel haben Thoriumwolframelektroden eine hohe Ausbrandrate (0,3 ~ 0,5 mg/min) bei hohen Strömen, während Yttriumwolframelektroden eine Ausbrandrate von 0,1 ~ 0,2 mg/min haben. Das Mischen kann den Verlust aufgrund ungeeigneter Parameter beschleunigen.

Lösung:

Mit der WY20-Elektrode hat es eine niedrige Ausbrennrate und eine lange Lebensdauer (100 ~ 150 Stunden).

Elektrodenverluste werden überwacht und die Ausbrennraten werden mit einer hochpräzisen Waage mit einer Genauigkeit $\pm 0,01$ mg) gemessen.

Passen Sie die Schweißparameter an den Elektrodentyp an, z. B. verwendet WY20 DCEN, Strom 100 ~ 250 A.

Tauschen Sie die Elektroden regelmäßig aus, um Leistungseinbußen aufgrund von Verschleiß zu vermeiden.

Vorsichtsmaßnahmen:

Erfassen Sie die Lebensdauer jeder Elektrode und erstellen Sie einen Austauschplan.

Nutzen Sie ein intelligentes Überwachungssystem, um Elektrodenverluste in Echtzeit zu erkennen.

9.5.3 Vorschläge zur Elektrodenidentifikation und -verwaltung

Ursache: Die gemischte Verwendung von Elektroden wird häufig durch unklare Beschriftung oder unsachgemäße Handhabung verursacht. Yttrium-Wolfram-Elektroden (blaues Ende) werden mit Thorium-Wolfram (rotes Ende) und Lanthan-Wolfram (goldenes Ende) verwechselt.

Lösung:

Befolgen Sie strikt die Identifikationsanforderungen von ISO 6848 oder GB/T 4192, überprüfen Sie die Farbe der Elektrodenspitze und des Verpackungsetiketts.

Verwalten Sie den Elektrodenbestand mithilfe von Barcodes oder RFID-Tags, erfassen Sie Modelle und Chargen.

Trennwände lagern verschiedene Arten von Elektroden und verwenden spezielle Behälter, um Verwechslungen zu vermeiden.

Schulen Sie die Bediener, um sich mit den Spezifikationen für die Elektrodenidentifikation und -verwendung vertraut zu machen.

Vorsichtsmaßnahmen:

Richten Sie eine Elektrodenverwaltungsdatenbank ein, um die Nutzung und den Bestand zu verfolgen.

Überprüfen Sie Ihr Inventar regelmäßig, um eine eindeutige Identifizierung zu gewährleisten.

9.5.4 Substitutionsanalytik von Yttrium-Wolfram-Elektroden

Analyse: Yttrium-Wolfram-Elektroden können Thorium-Wolfram- (WT20), Lanthan-Wolfram-

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

(WL20) und Cer-Wolfram-Elektroden (WC20) ersetzen, müssen jedoch je nach Anwendungsszenario ausgewählt werden. Die Nicht-Radioaktivität und die geringe Ausbrennrate von Yttrium-Wolfram-Elektroden machen sie zu einer bevorzugten Wahl.

Vorschlag:

Alternative zu Thoriumwolfram: Thoriumwolfram ist radioaktiv (ThO₂ setzt α Strahlen frei) und WY20 kann vollständig ersetzt werden, wodurch es für die Luft- und Raumfahrt und die Medizintechnik geeignet ist.

Alternative zu Lanthan-Wolfram: Lanthan-Wolfram eignet sich für das Niedrigstromschweißen, und WY20 schneidet bei hohen Strömen (>200 A) besser ab.

Alternative zu Cer-Wolfram: Die Lichtbogenleistung von Cer-Wolfram ist etwas schlechter, und WY20 schneidet in Mikroschweiß- und Vakuumumgebungen besser ab.

Testen Sie die Leistung der alternativen Elektrode und erfassen Sie die Lichtbogenstabilität, die Ausbrennrate und die Schweißqualität.

Werkzeug:

Kommunizieren Sie mit Lieferanten, um Leistungsdaten für alternative Elektroden zu verstehen. Ersetzen Sie nach und nach Elektroden mit hohem Risiko (z. B. Thoriumwolfram), um Umwelt- und Sicherheitsanforderungen zu erfüllen.



Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Kapitel 10 Künftiger Entwicklungstrend von Yttrium-Wolfram-Elektroden

Als leistungsstarkes, nicht radioaktives Schweißmaterial wird die Yttrium-Wolframelektrode (WY20) aufgrund ihrer hervorragenden Lichtbogenstabilität, ihrer niedrigen Ausbrennrate und ihrer Umweltschutzeigenschaften häufig beim WIG-Schweißen, Plasmalichtbogenschweißen und Nicht-Schweißen eingesetzt. Mit der Entwicklung der Materialwissenschaft, der Fertigungstechnologie und der Marktnachfrage wird die Zukunft der Yttrium-Wolframelektrode neue Trends in der technologischen Innovation, der Anwendungserweiterung und der Marktpolitik aufweisen. In diesem Kapitel werden diese Trends im Detail untersucht und ihre Auswirkungen auf die Yttrium-Wolframelektrodenindustrie analysiert.

10.1 Technologische Innovationsrichtung der Yttrium-Wolfram-Elektrode

Technologische Innovation ist die treibende Kraft hinter der Entwicklung von Yttrium-Wolframelektroden und umfasst neue Dotierungstechnologien, die Forschung und Entwicklung von Ultrahochtemperatur- und Ultrapräzisionselektroden sowie umweltfreundliche Fertigungstechnologien. Diese Innovationen zielen darauf ab, die Leistung der Elektroden zu verbessern, die Lebensdauer zu verlängern und die Produktionskosten zu senken.

10.1.1 Neue Seltenerd-Komposit-Dotieretechnologie

Hintergrund: Die Leistung der Yttrium-Wolfram-Elektrode hängt hauptsächlich von der Dotierung von Yttriumoxid (Y_2O_3) ab, die normalerweise 1,8% ~ 2,2% beträgt. Eine einzelne Dotierung erfüllt jedoch möglicherweise keine höheren Leistungsanforderungen bei ultrahohen Strömen (>400 A) oder extremen Umgebungen wie Vakuum oder hohen Temperaturen. Die neue Seltenerd-Komposit-Dotierungstechnologie optimiert die Elektrodenleistung durch die Einführung einer Vielzahl von Seltenerd-oxiden (wie Lanthanoxid, La_2O_3 -Oxid und Ceroxid CeO_2).

Ausrichtung der Innovation:

Multi-Seltenerd-Dotierung: Entwicklung von dotierten Kompositelektroden wie Yttrium-Lanthan-Wolfram (Y-La-W) oder Yttrium-Cer-Wolfram (Y-Ce-W) mit einem Yttriumoxid-Gehalt von 1,5 % ~ 2,0 %, ergänzt durch 0,2 % ~ 0,5 % Lanthanoxid oder Ceroxid. Kompositdotierung kann die Elektronenaustrittsarbeit (2,4~2,6 eV) reduzieren, die Lichtbogenstabilität (Driftrate <3%) und die Ausbrennfestigkeit (Ausbrennrate < 0,1 mg/min) verbessern.

Nanoskalige Dotierung: Nanoskalige Seltenerd-oxide (Partikelgröße 10~50 nm) wurden verwendet, um die Gleichmäßigkeit der Dotierung zu verbessern (Abweichung $\leq \pm 0,05\%$). Nanopartikel können die Dichte der Korngrenzen erhöhen und die Rekristallisationstemperatur der Elektrode (> 2100°C) erhöhen.

Optimierung des Dotierungsprozesses: Entwicklung der Plasmaspritz-Dotierungs- oder CVD-Technologie (Chemical Vapor Deposition), um Seltenerd-oxide gleichmäßig auf der Oberfläche von Wolframpulver zu beschichten und so die Agglomeration zu reduzieren.

Intelligente Dopingkontrolle: Nutzt Algorithmen des maschinellen Lernens, um Dotierungsverhältnisse und -verteilung zu optimieren und die Sprühraten und Kugelmühlenparameter durch Echtzeitüberwachung (RFA, EDS) anzupassen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Mögliche Auswirkungen: Dotierte Kompositelektroden können die Lebensdauer der Elektroden um 30 % ~ 50 % verlängern und eignen sich daher für Szenarien mit hoher Nachfrage wie z. B. in der Luft- und Raumfahrt und in der Nuklearindustrie. Zukünftige Normen (z. B. ISO 6848 Revision) können Klassifizierungen von dotierten Kompositelektroden (z. B. WY-La oder WY-Ce) hinzufügen.

10.1.2 Forschung und Entwicklung von Ultrahochtemperatur- und Ultrapräzisionselektroden

Hintergrund: Mit der steigenden Nachfrage nach Plasma-Lichtbogenschweißen (Lichtbogentemperatur >20000 °C) und Mikroschweißen (Lötstellendurchmesser <0,5 mm) müssen Yttrium-Wolfram-Elektroden eine höhere Temperaturbeständigkeit und Verarbeitungsgenauigkeit aufweisen.

Ausrichtung der Innovation:

Ultrahochtemperatur-Elektrode: Entwicklung einer Elektrode mit hohem Yttriumoxid-Gehalt (Y₂O₃-Gehalt 2,5 % ~ 3,5 %), die im Entladungspulververfahren (SPS) hergestellt wurde, mit einer Korngröße, die bei 35 µm und einer Dichte > 99 % kontrolliert wurde. Die Rekristallisationstemperatur dieser Elektroden kann 2200 °C und die Ausbrennrate <0,08 mg/min erreichen, wodurch sie für das Löten mit ultrahohen Strömen (>500 A) geeignet sind.

Ultrapräzisionselektroden: Entwickelte Miniatur-Yttrium-Wolfram-Elektroden (Durchmesser 0,3 ~ 0,8 mm, Spitzenradius < 0,1 mm), um eine hohe Präzision (Toleranz ±0,01 mm) durch Lasermikrobearbeitung und elektrochemisches Polieren zu erreichen. Diese Elektroden eignen sich für das Mikrolöten von Halbleitern und medizinischen Geräten.

Technologie zur Oberflächenmodifikation: Ionenimplantation oder Nanobeschichtung (z. B. Zirkonoxidbeschichtung) wird verwendet, um die Oxidationsbeständigkeit und thermische Stabilität der Elektrodenoberfläche zu verbessern und die Lebensdauer um 20% ~ 30% zu verlängern.

Leistungsprüfung bei hohen Temperaturen: Entwicklung eines in-situ-Hochtemperaturprüfgeräts zur Analyse der mikrostrukturellen Veränderungen von Elektroden in Echtzeit bei >2000 °C in Kombination mit REM und XRD.

Mögliche Auswirkungen: Ultrahochtemperatur-Elektroden werden die Entwicklung von Plasmaspritz- und Kernfusionsanlagen vorantreiben, und Ultrapräzisionselektroden werden die Anforderungen der Chipherstellung und der Mikroelektronikindustrie erfüllen. Diese Technologien können die Produktionskosten um 10 % ~ 15 % erhöhen, aber Leistungsverbesserungen können zu einer höheren Wettbewerbsfähigkeit auf dem Markt führen.

10.1.3 Umweltfreundliche Fertigung und kohlenstoffarme Produktionstechnologie

Hintergrund: Globale Umweltvorschriften (wie die EU-RoHS-Richtlinie und die Ziele zur Klimaneutralität) verlangen von der Herstellung von Yttrium-Wolframelektroden, um den Energieverbrauch und die Emissionen zu reduzieren. Herkömmliche Sinter- und Reinigungsprozesse haben einen hohen Energieverbrauch (ca. 5000~8000 kWh pro Tonne Elektrode), und die Abfallflüssigkeits- und Abgasemissionen müssen weiter optimiert werden.

Ausrichtung der Innovation:

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Sintern mit niedrigem Energieverbrauch: Fördern Sie den SPS-Prozess, verkürzen Sie die Sinterzeit auf 510 Minuten und reduzieren Sie den Energieverbrauch um 30% ~ 40%. Entwicklung von hocheffizienten Vakuum-Sinteröfen (Temperiergenauigkeit $\pm 2^{\circ}\text{C}$) zur Reduzierung des Wasserstoffverbrauchs.

Umweltfreundliche Reinigungstechnologie: Zur Reinigung von Yttriumoxid wird die Ionenaustausch- und Membrantrennungstechnologie eingesetzt, wodurch die Emissionen von Abfallflüssigkeiten um mehr als 50 % reduziert werden. Recyceltes Wolframpulver und Seltenerdmaterialien mit einer Rückgewinnungsrate von $> 90\%$.

Intelligentes Energiemanagement: Optimieren Sie den Energieverbrauch von Produktionsanlagen durch das Internet der Dinge (IoT) und KI und überwachen Sie den Strom- und Gasverbrauch in Echtzeit, um den CO₂-Fußabdruck zu reduzieren.

Anwendungen für erneuerbare Energien: An den Produktionsstandorten wird eine Solar- oder Windenergieversorgung eingeführt, mit dem Ziel, bis 2030 30%~50% der Energie aus erneuerbarer Energie zu gewinnen.

Mögliche Auswirkungen: Eine umweltfreundliche Fertigung kann die Produktionskosten um 5 % ~ 10 % senken, Umweltvorschriften einhalten und das Markenimage verbessern. In Zukunft könnten CO₂-Emissionsnormen (z. B. 2 Tonnen CO₂ pro Tonne Elektroden) eingeführt werden, um den Übergang der Branche zu einer kohlenstoffarmen Industrie zu fördern.

10.2 Erweiterung der Anwendungsgebiete von Yttrium-Wolfram-Elektroden

Das Anwendungsgebiet von Yttrium-Wolframelektroden erweitert sich vom traditionellen Schweißen auf aufstrebende Branchen wie neue Energien, Luft- und Raumfahrt und Mikroelektronik und erfüllt die Anforderungen an die Hochleistungs- und Präzisionsfertigung.

10.2.1 Herstellung neuer Energieanlagen (Batterien, Windkraft)

Hintergrund: Neue Energieanlagen (wie Lithiumbatterien, Windkraftflügel und Wasserstoffenergieanlagen) stellen hohe Anforderungen an die Schweißqualität und erfordern eine hohe Präzision, einen geringen Wärmeeintrag und umweltfreundliche Materialien. Die Nicht-Radioaktivität und die Lichtbogenstabilität von Yttrium-Wolfram-Elektroden machen sie zur idealen Wahl.

Anwendungsrichtung:

Herstellung von Lithiumbatterien: Yttrium-Wolframelektrode wird zum Mikroschweißen von Kupfer- und Aluminiumfolien (Lötstellendurchmesser $< 0,5\text{ mm}$), Strom 10~50 A, Spitzendurchmesser 0,5~1,0 mm. Die Lichtbogenstabilität (Driftrate $< 3\%$) gewährleistet die Festigkeit und Luftdichtheit der Lötstelle.

Rotorblätter für Windkraftanlagen: Türme aus geschweißtem Kohlenstoffstahl und Edelstahl, Dicke 10~50 mm, Strom 200~400 A. Die Tiefschmelzfähigkeit von Yttrium-Wolframelektroden reduziert Schweißfehler und verlängert die Lebensdauer der Ausrüstung.

Wasserstoffenergieausrüstung: geschweißte Wasserstoffspeichertanks aus Edelstahl mit Vakuumumgebung (10^{-4} Pa) und schwach flüchtigen Elektroden. Die niedrige Gasfreisetzungsrate der WY20-Elektrode ($< 10^{-6}\text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$) erfüllt die Anforderungen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Photovoltaikanlagen: Mikroschweißen von Siliziumwafern und Kupferdrähten, ultrapräzise Spitzen von Yttrium-Wolframelektroden (Radius < 0,1 mm) zur Unterstützung einer hochpräzisen Produktion.

Entwicklungstrend: Das schnelle Wachstum der neuen Energiebranche (die jährliche Wachstumsrate des globalen Marktes für Lithiumbatterien wird voraussichtlich >15% in den Jahren 2025~2030 betragen) wird die Nachfrage nach Yttrium-Wolframelektroden um 20%~30% steigern. Kundenspezifische Mikroelektroden werden zu einer wichtigen Forschungs- und Entwicklungsrichtung.

10.2.2 Vertiefung von Anwendungen in den Bereichen Luft- und Raumfahrt und Verteidigung

Hintergrund: Die Nachfrage nach Yttrium-Wolfram-Elektroden in der Luft- und Raumfahrt sowie in der Verteidigungsindustrie konzentriert sich auf das Schweißen von hochfesten Legierungen (z.B. Titanlegierungen, Nickelbasislegierungen), die eine hohe Strombelastbarkeit und eine lange Lebensdauer erfordern.

Anwendungsrichtung:

Flugmotor: geschweißte Turbinenschaufeln aus Nickelbasislegierung, Strom 150~300 A, Spitzenwinkel 45°. Die geringe Ausbrennrate der Yttrium-Wolframelektrode (<0,1 mg/min) sorgt dafür, dass die Schweißnaht gegen hohe Temperaturen (> 1200°C) beständig ist.

Struktur des Raumfahrzeugs: Vakuum-WIG-Schweißen der Schale aus Titanlegierung, Vakuumgrad 10^{-5} Pa. Die geringe Flüchtigkeit der WY20-Elektrode verhindert Umweltverschmutzung und die Schweißnahtfestigkeit > 900 MPa.

Verteidigungsausrüstung: Tiefschmelzschweißen von gepanzerten Stahlplatten und Raketengranaten, Strom > 400 A. Entwicklung einer WY30-Elektrode (Yttriumoxid 2,5 % ~ 3,0 %) zur Unterstützung von Ultrahochstromanwendungen.

Additive Fertigung: Yttrium-Wolframelektroden werden in der additiven Plasmalichtbogenfertigung, bei der Reparatur von Luft- und Raumfahrtkomponenten, bei der Lichtbogenstabilität (Driftrate <2%) zur Verbesserung der Stapelgenauigkeit eingesetzt.

Entwicklungstrend: Es wird erwartet, dass der Luft- und Raumfahrtmarkt bis 2030 mit einer jährlichen Rate von 8 % wachsen wird, was die Nachfrage nach Hochleistungs-Yttrium-Wolframelektroden antreibt. Dotierte und Ultrahochtemperatur-Elektroden aus Verbundwerkstoffen werden den Anforderungen extremer Umgebungen weiter gerecht.

10.2.3 Präzisionsschweißen in der Mikroelektronik- und Halbleiterindustrie

Hintergrund: Die Mikroelektronik- und Halbleiterindustrie benötigt ultrahochpräzises Löten (z. B. Chip-Packaging, Sensorfertigung) mit Elektrodendurchmessern < 1,0 mm und Lötstellengrößen < 0,2 mm. Die Mikroschweißfähigkeiten und die geringen Wärmeeintragseigenschaften von Yttrium-Wolframelektroden machen sie zu einer bevorzugten Wahl.

Anwendungsrichtung:

Chip-Gehäuse: gelötete Kupfer- und Goldleitungen, Strom 5~20 A, Spitzenradius < 0,1 mm. Der feine Lichtbogen der Yttrium-Wolframelektrode (<0,5 mm) sorgt für eine Genauigkeit der Lötstelle.

Herstellung von Sensoren: mikroschweißte Sensoren aus Edelstahl und Titanlegierungen mit

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

einer Wärmeinflusszone $< 0,1$ mm. Die geringe Flüchtigkeit der WY20-Elektrode ist für Vakuumumgebungen geeignet.

MEMS-Bauelemente: Löten von mikroelektromechanischen Systemen (MEMS) mit einem Strom < 10 A. Entwicklung von Ultrapräzisionselektroden (Durchmesser $0,3\sim 0,5$ mm) zur Unterstützung der Genauigkeit im Nanobereich.

Optoelektronik: Beim Löten von faseroptischen Steckverbindern reduziert die hohe Lichtbogenstabilität von Yttrium-Wolfram-Elektroden Lötstellendefekte.

Entwicklungstrend: Es wird erwartet, dass der Halbleitermarkt im Jahr 2030 1 Billion US-Dollar erreichen wird, und die Nachfrage nach Mikroschweißen wird die Forschung und Entwicklung von ultrapräzisen Yttrium-Wolframelektroden vorantreiben, und es wird erwartet, dass der Marktanteil um $15\% \sim 20\%$ steigen wird.

10.3 Markt- und Politikrends bei Yttrium-Wolfram-Elektroden

Markt- und Politikrends werden sich tiefgreifend auf das Angebots- und Nachfragemuster, die Produktionskosten und die internationale Wettbewerbsfähigkeit von Yttrium-Wolframelektroden auswirken.

10.3.1 Prognose der globalen Nachfrage nach Yttrium-Wolframelektroden

Hintergrund: Es wird erwartet, dass der globale Markt für Schweißgeräte in den Jahren 2025 ~ 2030 mit einer jährlichen Rate von $6\% \sim 8\%$ wachsen wird, und die Nachfrage nach Yttrium-Wolframelektroden als High-End-Schweißmaterialien wird gleichzeitig wachsen. China, die Vereinigten Staaten und Europa sind die Hauptmärkte, auf die mehr als 70% der weltweiten Nachfrage entfallen.

Prognose:

Nachfragewachstum: Die Expansion der Luft- und Raumfahrt-, Energie- und Mikroelektronikindustrie wird das jährliche Wachstum der Nachfrage nach Yttrium-Wolframelektroden um $10\% \sim 15\%$ vorantreiben, und es wird erwartet, dass die globale Marktgröße bis 2025 500 Millionen US-Dollar erreichen wird.

Regionale Verteilung: Auf China entfallen 40% des Marktanteils (dank der Vorteile der Seltenen Erden), auf die Vereinigten Staaten und Europa entfallen jeweils 20% . Der asiatisch-pazifische Raum (Indien, Südostasien) verzeichnete das schnellste Nachfragewachstum ($>12\%$).

Anwendungsorientiert: Neue Energien (Batterien, Windkraft) machten 30% des Nachfragewachstums aus, Luft- und Raumfahrt 25% und Mikroelektronik 20% .

High-End-Elektroden: Der Marktanteil von WY30- und Komposit-dotierten Elektroden wird von 10% auf 20% steigen, um den hohen Leistungsanforderungen gerecht zu werden.

Einflussfaktoren:

Die Verbreitung automatisierter Schweißgeräte erhöht die Nachfrage nach Hochleistungselektroden. Umweltvorschriften treiben den Ersatz von Thoriumwolframelektroden voran, und es wird erwartet, dass der Marktanteil von Yttriumwolframelektroden auf 50% steigen wird.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

The Yttrium Tungsten Electrode (WY20) is a non-radioactive, high-performance tungsten electrode doped with 2% yttrium oxide (Y_2O_3). Specially engineered for demanding TIG and plasma welding applications, this electrode offers exceptional arc stability, minimal electrode wear, and high current tolerance, making it the top choice for aerospace, defense, nuclear, and high-precision industries.

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

- **Excellent Arc Stability:** Delivers a stable, concentrated arc with minimal flicker.
- **High Current Capacity:** Ideal for high-load DC or AC welding operations.
- **Low Burn-Off Rate:** Exceptional resistance to electrode erosion, even under intense heat.
- **Radiation-Free & Eco-Friendly:** 100% free of radioactive thorium—safe for people and the environment.
- **Superior Penetration:** Supports deep weld pools for thick, high-strength materials.
- **Reliable Ignition:** Consistent arc starting even under low current or pulsed settings.

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

Type	Y_2O_3 Content	Color Code	Length (mm)	Diameter (mm)
WY20	1.8% – 2.2%	Blue	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

- TIG Welding of stainless steel, nickel alloys, titanium, molybdenum, and high-temperature alloys.
- Plasma Arc Welding and Precision Spot Welding in aerospace and defense manufacturing.
- Micro-welding & vacuum applications where arc stability and cleanliness are critical.
- Suitable for DC (Direct Current) or AC/DC mixed-mode operations.

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

From high-frequency ignition systems to robotic TIG welders, the WY20 Electrode adapts to your most challenging tasks—without compromising operator safety. Whether you're manufacturing jet engine blades, medical implants, or nuclear-grade components, WY20 delivers unmatched performance where it matters most.

6. Procurement Information

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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

10.3.2 Die Auswirkungen der Ressourcenpolitik auf die Produktion

Hintergrund: Die Herstellung von Yttrium-Wolfram-Elektroden ist auf Seltenerd-Ressourcen (Yttriumoxid) und Wolfram-Ressourcen angewiesen. China verfügt über 70 % der weltweiten Seltenerdreserven und 80 % der Wolframreserven, aber strenge Richtlinien zur Ressourcengewinnung und -ausfuhr wirken sich auf die Produktionskosten und die Stabilität der Lieferkette aus.

Politische Trends:

Chinas Politik der Seltenen Erden: China verschärft die Umweltaufsicht über den Abbau von Seltenen Erden, die Quoten für Seltene Erden könnten ab 2025 um 10 % ~ 15 % gesenkt werden, und es wird erwartet, dass die Preise für Yttriumoxid um 5 % ~ 10 % steigen werden.

Exportbeschränkungen: Die Exportzölle für Seltene Erden können steigen, was die Hersteller dazu veranlasst, die Recyclingtechnologien zu optimieren (Recyclingquoten > 90 %).

Erschließung alternativer Ressourcen: Australien und die Vereinigten Staaten beschleunigen die Erschließung von Seltenerderten, wobei das weltweite Angebot bis 2030 voraussichtlich um 20 % steigen wird, was Chinas Abhängigkeit von Ressourcen verringert.

Umweltfreundliche Bergbautechnologie: Förderung schadstoffarmer Reinigungstechnologien (z. B. Ionenaustausch und Membrantrennung), um die Abgabe von Abfallflüssigkeiten zu reduzieren und Umweltvorschriften einzuhalten.

Auswirkungen: Die Politik der Seltenen Erden könnte die Produktionskosten von Yttrium-Wolframelektroden um 5 % ~ 10 % in die Höhe treiben, aber die Recyclingtechnologie und die Diversifizierung der globalen Lieferkette werden den Druck verringern. Die Hersteller müssen in umweltfreundliche Reinigungsanlagen investieren, um die Stabilität der Ressourcen zu gewährleisten.

10.3.3 Internationaler Handel und Optimierung der Lieferkette

Hintergrund: Die globale Lieferkette für Yttrium-Wolframelektroden umfasst China (große Produzenten), die Vereinigten Staaten (technologische Innovationszentren) und Europa (High-End-Anwendungsmärkte). Handelsbarrieren, Transportkosten und Geopolitik wirken sich auf die Effizienz der Lieferkette aus.

Trend:

Handelshemmnisse: Die Vereinigten Staaten und Europa könnten Zölle auf Seltenerdprodukte (5% ~ 10%) erheben, und chinesische Hersteller müssen ihre Exportstrategien optimieren und die südasiatischen und südamerikanischen Märkte erweitern.

Lokalisierung der Lieferkette: Die Vereinigten Staaten und Europa investieren in die lokale Wolframelektrodenproduktion, und es wird erwartet, dass die lokale Produktionskapazität bis 2030 20 % ~ 30 % betragen wird, wodurch die Abhängigkeit von China verringert wird.

Digitale Lieferkette: Nutzen Sie die Blockchain-Technologie, um die Herkunft von Wolfram- und Seltenerdrohstoffen zurückzuverfolgen und so Transparenz und Compliance zu gewährleisten.

Logistikoptimierung: Reduzieren Sie die Transportkosten um 10%~15% und verkürzen Sie die Lieferzyklen durch intelligente Logistiksysteme (KI-Nachfrageprognose).

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Auswirkungen: Die Optimierung der Lieferkette wird die globale Wettbewerbsfähigkeit von Yttrium-Wolframelektroden verbessern und die Logistikkosten senken. Chinesische Hersteller müssen die technologische Innovation und den Markenaufbau stärken, um im internationalen Wettbewerb bestehen zu können.



Anhang

A. Glossar

Yttrium-Wolfram-Elektrode: Eine nicht-radioaktive Elektrode, die mit 1% ~ 2% Yttriumoxid auf Wolframbasis dotiert ist und für das Schweißen von Superlegierungen und Plasmaprozesse geeignet ist.

Yttriumoxid (Y_2O_3): Ein Seltenerdoxid-Additiv, das die Hochtemperaturstabilität und die Lichtbogeneigenschaften von Wolframelektroden verbessert.

Elektronenaustrittsfunktion: Die minimale Energiemenge, die erforderlich ist, damit Elektronen von der Elektrodenoberfläche entweichen, bestimmt die Lichtbogenleistung.

Lichtbogenstartleistung: Die Fähigkeit der Elektrode, bei niedrigen Strömen einen stabilen Lichtbogen zu bilden.

Lichtbogenstabilität: Der Lichtbogen behält während des Schweißprozesses eine kontinuierliche und nicht zitternde Eigenschaft bei.

Abbrandrate: Die Massenverlustrate der Elektrode beim Hochtemperaturschweißen.

WIG-Schweißen (Wolfram-Inertgas-Schweißen): Ein Wolfram-Argon-

[Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung](#)

Lichtbogenschweißverfahren, bei dem ein Inertgasschutz verwendet wird.

Plasma-Lichtbogenschweißen: Ein Verfahren, bei dem Hochtemperatur-Plasmalichtbögen für hochpräzises Schweißen verwendet werden.

Pulvermetallurgie: Eine Technologie zur Herstellung von Yttrium-Wolframelektroden durch Pulvermischen, Pressen und Sintern.

Mikrostruktur: Die Korn- und Phasenverteilungseigenschaften des Elektrodenmaterials unter dem Mikroskop.

ISO 6848: Norm für die Klassifizierung und technische Anforderungen an Wolframelektroden, die von der Internationalen Organisation für Normung entwickelt wurde.

AWS A5.12: Ein Spezifikationsstandard für Wolframelektroden, der von der American Welding Society entwickelt wurde.

REM (Rasterelektronenmikroskop): Ein Rasterelektronenmikroskop, das zur Analyse der Oberflächenmorphologie und Mikrostruktur von Elektroden verwendet wird.

ICP-MS (Induktiv gekoppelte Plasma-Massenspektrometrie): Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma zur Detektion von Yttriumoxid- und Verunreinigungsgehalten.

Spark Plasma Sintering (SPS): Eine Schnellsintertechnik zur Herstellung von Hochleistungs-Yttrium-Wolfram-Elektroden.

B. Verweise

- [1] Wikipedia, Wolfram <https://zh.wikipedia.org/wiki/Wolfram>
- [2] Chinatungsten Online, Yttrium-Wolframelektrodenanalyse, <http://www.ctia.com.cn>
- [3] ISO 6848:2015, Schweißzusätze — Nicht abschmelzbare Wolframelektroden für das Lichtbogenschweißen
- [4] AWS A5.12:2009, Spezifikation für Wolfram- und oxiddispersierte Wolframelektroden für das Lichtbogenschweißen
- [5] EN 26848:1991, Wolframelektroden für das Lichtbogenschweißen
- [6] Materialwissenschaft und -technik: A, Normen und Prüfungen von Yttrium-dotierten Wolframelektroden, Elsevier, 2023
- [7] Materialwissenschaft und -technik: A, Fertigungsanlagen für Yttrium-dotierte Wolframelektroden, Elsevier, 2022
- [8] AWS A5.12: Spezifikation für Wolfram- und oxiddispersierte Wolframelektroden für das Lichtbogenschweißen

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung