

Enzyklopädie der Zirkonium-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

Zirconium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Zirconium Tungsten Electrode

Zirconium tungsten electrode is a non-radioactive welding electrode made by doping a small amount of zirconium oxide (ZrO₂) into a high-purity tungsten base. It is specifically optimized for AC TIG (Tungsten Inert Gas) welding. Its excellent arc stability and outstanding resistance to contamination make it the preferred choice for welding aluminum, magnesium, and their alloys.

2. Types of Zirconium Tungsten Electrode

Grade	Tip Color	ZrO ₂ Content (wt.%)	Characteristics & Applications
WZ3	Brown	0.2 - 0.4	Ideal for low to medium intensity AC welding; cost-effective
WZ38	White	0.7 - 0.9	Industry-standard grade with excellent overall performance

3. Standard Sizes & Packaging of Zirconium Tungsten Electrode

Diameter (mm)	Length (mm)	Regular Coloring	Packing:
1.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10 pcs/box
1.6	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.4	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
3.2	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
4.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
Remark	The sizes can be customized		

4. Applications of Zirconium Tungsten Electrode

- Welding of aluminum and aluminum alloys: such as doors, windows, frames, and automotive body structures
- Welding of magnesium and magnesium alloys: widely used in aerospace lightweight components
- AC welding of stainless steel (under specific low-current conditions)
- Precision welding in aerospace, rail transit, pressure vessels, etc.
- Used in automated welding systems and robotic torch assemblies

5. 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

- 1.1 Übersicht über Zirkonium-Wolfram-Elektroden
- 1.2 Geschichte und Entwicklung der Zirkonium-Wolfram-Elektroden
- 1.3 Die Bedeutung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden in der modernen Industrie

Kapitel 2: Grundlegende Konzepte von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

- 2.1 Definition der Zirkonium-Wolfram-Elektrode
- 2.2 Chemische Zusammensetzung der Zirkonium-Wolfram-Elektrode
- 2.3 Vergleich der Zirkonium-Wolfram-Elektrode mit anderen Wolfram-Elektroden
- 2.4 Physikalische und chemische Eigenschaften von Zirkonium-Wolfram-Elektroden
 - 2.4.1 Schmelzpunkt und thermische Stabilität
 - 2.4.2 Elektrische und thermische Leitfähigkeit
 - 2.4.3 Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit
 - 2.4.4 Mechanische Eigenschaften (Härte, Duktilität, etc.)

Kapitel 3: Sorten von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

- 3.1 Klassifizierung von Zirkonium-Wolfram-Elektrodenarten
 - 3.1.1 International gebräuchliche Sorten (z.B. WZ3, WZ8)
 - 3.1.2 Regeln für die Benennung inländischer Marken
- 3.2 Unterschiede im Zirkoniumgehalt und in der Leistung der einzelnen Sorten
- 3.3 Auswahl und Anwendungsszenarien von Zirkonium-Wolfram-Elektrodenarten
- 3.4 Normung von Zirkonium-Wolfram-Elektrodenarten und internationaler Vergleich

Kapitel 4: Eigenschaften von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

- 4.1 Lichtbogenstabilität von Zirkonium-Wolfram-Elektroden
- 4.2 Zündleistung und Elektrodenlebensdauer der Zirkonium-Wolframelektrode
- 4.3 Brennbeständigkeit und Anti-Verschmutzungsfähigkeit der Zirkonium-Wolfram-Elektrode
- 4.4 Leistung der Zirkonium-Wolframelektrode in verschiedenen Schweißumgebungen
 - 4.4.1 Gleichstromlöten (DC)
 - 4.4.2 AC-Schweißen (AC)
- 4.5 Thermodynamische Eigenschaften von Zirkonium-Wolfram-Elektroden
- 4.6 Gefügeanalyse von Zirkonium-Wolfram-Elektroden
- 4.7 Zirkonium-Wolframelektroden-Sicherheitsdatenblatt von CTIA GROUP LTD

Kapitel 5: Herstellung und Herstellungsprozess von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

- 5.1 Aufbereitung von Rohstoffen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden
 - 5.1.1 Auswahl von Wolframpulver und Zirkoniumverbindungen
 - 5.1.2 Reinheit und Vorbehandlung der Rohstoffe
- 5.2 Pulvermetallurgischer Prozess der Zirkonium-Wolfram-Elektrode
 - 5.2.1 Mischen und Mahlen
 - 5.2.2 Pressen

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

- 5.2.3 Sinterprozess
- 5.3 Formtechnologie der Zirkonium-Wolfram-Elektrode
 - 5.3.1 Zeichnen und Extrudieren
 - 5.3.2 Wärmebehandlung und Glühen
- 5.4 Oberflächenbehandlung und Polieren von Zirkonium-Wolfram-Elektroden
- 5.5 Qualitätskontrolle und Prozessoptimierung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Kapitel 6: Produktionstechnologie von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

- 6.1 Dotierungstechnologie der Zirkonium-Wolfram-Elektrode
 - 6.1.1 Dotierungsverfahren von Zirkonoxid
 - 6.1.2 Kontrolle der Gleichmäßigkeit des Dopings
- 6.2 Hochtemperatur-Sintertechnologie der Zirkonium-Wolfram-Elektrode
- 6.3 Präzisionsbearbeitungstechnologie der Zirkonium-Wolfram-Elektrode
- 6.4 Automatisierung und intelligente Produktionstechnik von Zirkonium-Wolfram-Elektroden
- 6.5 Umweltfreundliche Produktions- und Umweltschutztechnologie von Zirkonium-Wolfram-Elektroden
- 6.6 Häufige Probleme und Lösungen in der Produktion

Kapitel 7: Verwendung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

- 7.1 Anwendung der Zirkonium-Wolframelektrode beim WIG-Schweißen
 - 7.1.1 Schweißen von Aluminium und Aluminiumlegierungen
 - 7.1.2 Schweißen von Edelstahl und Magnesiumlegierungen
- 7.2 Anwendung der Zirkonium-Wolfram-Elektrode beim Plasmaschneiden und -sprühen
- 7.3 Andere industrielle Anwendungen von Zirkonium-Wolfram-Elektroden
 - 7.3.1 Luft- und Raumfahrt
 - 7.3.2 Nuklearindustrie
 - 7.3.3 Herstellung von Medizinprodukten
- 7.4 Anwendung der Zirkonium-Wolframelektrode in speziellen Umgebungen
- 7.5 Alternativen und Wettbewerbsanalyse von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Kapitel 8: Produktionsanlagen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

- 8.1 Rohstoffaufbereitungsanlagen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden
 - 8.1.1 Mahl- und Mischanlagen
 - 8.1.2 Sieb- und Sortieranlagen
- 8.2 Press- und Umformanlagen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden
 - 8.2.1 Hydraulische Presse und isostatische Presse
 - 8.2.2 Formenbau und -herstellung
- 8.3 Sinter- und Wärmebehandlungsanlagen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden
 - 8.3.1 Hochtemperatur-Sinterofen
 - 8.3.2 Vakuum-Wärmebehandlungsöfen
- 8.4 Präzisionsverarbeitungsgeräte für Zirkonium-Wolfram-Elektroden
 - 8.4.1 Ziehmaschine und Schneidemaschine
 - 8.4.2 Ausrüstung zum Polieren von Oberflächen

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

8.5 Qualitätsprüfgeräte für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

8.6 Gerätewartung und Optimierung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Kapitel 9: In- und ausländische Normen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

9.1 Internationale Normen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

9.1.1 ISO-Normen (e.g. ISO 6848)

9.1.2 AWS-Standards (z. B. AWS A5.12)

9.2 Inländische Normen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

9.2.1 GB/T Standard

9.2.2 Industriestandards und Unternehmensstandards

9.3 Inhalt und Anforderungen der Normen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

9.3.1 Anforderungen an die chemische Zusammensetzung

9.3.2 Anforderungen an die physikalische Leistungsfähigkeit

9.3.3 Abmessungen und Toleranzanforderungen

9.4 Vergleich und Abstimmung von in- und ausländischen Normen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

9.5 Aktualisierungen und Entwicklungstrends von Zirkonium-Wolframelektroden-Standards

Kapitel 10: Nachweismethoden von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

10.1 Nachweis der chemischen Zusammensetzung von Zirkonium-Wolframelektroden

10.1.1 Spektrale Analyse

10.1.2 Chemische Titrationsmethode

10.2 Prüfung der physikalischen Eigenschaften von Zirkonium-Wolframelektroden

10.2.1 Härteprüfung

10.2.2 Dichte- und Porositätsprüfung

10.3 Gefügeanalyse von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

10.3.1 Rasterelektronenmikroskopie (REM)

10.3.2 Röntgenbeugung (XRD)

10.4 Elektrodenleistungstest der Zirkonium-Wolfram-Elektrode

10.4.1 Prüfung der Lichtbogenstabilität

10.4.2 Prüfung der Zündleistung und -lebensdauer

10.5 Umwelthanpassungstest der Zirkonium-Wolframelektrode

10.6 Kalibrierung und Normung von Zirkonium-Wolframelektroden-Prüfgeräten

10.7 Häufige Probleme und Lösungen bei der Detektion von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Kapitel 11: Künftiger Entwicklungstrend von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

11.1 Entwicklung neuer Werkstoffe und Technologien

11.2 Richtung der Leistungsoptimierung der Zirkonium-Wolframelektrode

11.3 Trends in der intelligenten und automatisierten Produktion

11.4 Grüne Produktion und nachhaltige Entwicklung

11.5 Das Potenzial von Zirkonium-Wolfram-Elektroden in aufstrebenden Bereichen

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Kapitel 12: Recycling und Wiederverwendung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

12.1 Recyclingprozess von Altelektroden

12.2 Recycling und wirtschaftlicher Wert von Zirkonium-Wolfram-Werkstoffen

12.3 Vorgaben zum Umweltschutz und zum Umweltschutz im Recyclingprozess

12.4 Die aktuelle Situation und der Entwicklungstrend des Zirkoniumwolfram-Recyclings im In- und Ausland

Anhang

A. Glossar

B. Verweise

Kapitel 1 Einleitung

1.1 Übersicht der Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Zirkonium-Wolfram-Elektrode ist eine Art Wolframelektrode, die mit einer kleinen Menge Zirkonoxid (ZrO_2) als Wolframmatrix dotiert ist und häufig beim Wolfram-Schutzgasschweißen (WIG-Schweißen), Plasmaschneiden, Plasmaspritzen und anderen industriellen Szenarien mit hohen Temperaturen und hohen Strömen verwendet wird. Zirkonium-Wolfram-Elektroden sind aufgrund ihrer hervorragenden Lichtbogenstabilität, Zündleistung und Durchbrennfestigkeit, insbesondere beim Wechselstromschweißen (AC)-Schweißen, zu unverzichtbaren Materialien im Bereich des Schweißens und Schneidens geworden, die für die Verarbeitung von Leichtmetallen wie Aluminium, Magnesium und deren Legierungen geeignet sind.

Die chemische Zusammensetzung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden besteht hauptsächlich aus hochreinem Wolfram (in der Regel mehr als 99,5 % Reinheit) und einer geringen Menge Zirkonoxid (in der Regel 0,15 % bis 0,8 %). Die Dotierung von Zirkonoxid verbessert die Leistung von Wolframelektroden erheblich, so dass sie eine stabile Elektronenemissionskapazität und eine lange Lebensdauer in Hochtemperatur-Lichtbogenumgebungen aufrechterhalten können. Im Vergleich zu reinen Wolframelektroden haben Zirkonium-Wolfram-Elektroden eine geringere Elektroden-Burnout-Rate und ein höheres Antifouling-Verhalten, was ihnen in Szenarien mit extrem hohen Anforderungen an die Schweißqualität erhebliche Vorteile verschafft. Im Vergleich zu anderen dotierten Elektroden wie Thorium-Wolfram-, Cer-Wolfram- oder Lanthan-Wolfram-Elektroden weisen Zirkonium-Wolfram-Elektroden eine bessere Lichtbogenkonzentration und ein geringeres Risiko des Schmelzens der Elektrodenspitze beim Wechselstromschweißen auf, wodurch sie sich besonders für das Schweißen von Materialien eignen, die empfindlich auf Elektrodeneigenschaften reagieren, wie z. B. Aluminiumlegierungen.

Zirkonium-Wolfram-Elektroden beginnen in der Regel mit "WZ", gefolgt von Zahlen, die den Zirkonoxidgehalt angeben, wie z. B. WZ3 (mit 0,3 % Zirkonoxid) und WZ8 (mit 0,8 % Zirkonoxid). Die Leistungsunterschiede zwischen diesen Typen spiegeln sich hauptsächlich in der Lichtbogenstabilität, dem Zündverhalten und der Lebensdauer wider, abhängig vom Schweißstrom, der Materialart und den Prozessanforderungen. Zu den physikalischen Eigenschaften von Zirkonium-Wolframelektroden gehören ein hoher Schmelzpunkt (ca. 3422 °C, nahe an reinem Wolfram), eine gute elektrische und thermische Leitfähigkeit sowie eine ausgezeichnete Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit. Diese Eigenschaften ermöglichen es ihm, auch unter extremen Bedingungen eine gleichbleibende Leistung aufrechtzuerhalten, was ihn ideal für hochpräzises Schweißen und Schneiden macht.

Der Herstellungsprozess von Zirkonium-Wolfram-Elektroden umfasst mehrere Schritte wie Pulvermetallurgie, Dotieren, Sintern, Ziehen und Oberflächenbehandlung. Die Komplexität des Produktionsprozesses erfordert hochpräzise Geräte und strenge Qualitätskontrollen, um die chemische Zusammensetzung, die Gleichmäßigkeit der Elektroden und die Stabilität der Mikrostruktur zu gewährleisten. In den letzten Jahren wurde mit der Entwicklung einer grünen Fertigung und einer intelligenten Produktionstechnologie der Produktionsprozess von Zirkonium-

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Wolframelektroden kontinuierlich optimiert und die Produktqualität und -konsistenz deutlich verbessert.

1.2 Geschichte und Entwicklung der Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Die Geschichte der Entwicklung und Anwendung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden lässt sich bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts zurückverfolgen, als sich die Schweißtechnik mit dem Fortschreiten der Industrialisierung rasant entwickelte. Das Wolfram-Schutzgas-Schutzgasschweißen (WIG-Schweißen) reifte in den 40er Jahren des 20. Jahrhunderts allmählich aus und verwendete zunächst hauptsächlich reine Wolframelektroden. Reine Wolframelektroden haben jedoch Probleme wie Lichtbogeninstabilität, Zündschwierigkeiten und starkes Durchbrennen der Elektroden beim Wechselstromschweißen, was ihre Anwendung in Szenarien mit hoher Nachfrage einschränkt. Um diese Probleme zu lösen, begannen die Forscher, die Dotierung von Oxiden in Wolframsubstraten zu erforschen, um deren Eigenschaften zu verbessern.

In den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts wurde Zirkonoxid als verfälschtes Material in die Herstellung von Wolframelektroden eingeführt. Zirkonoxid hat die Eigenschaften eines hohen Schmelzpunkts, einer hohen Temperaturbeständigkeit und einer chemischen Stabilität, die die Elektronenabgabefähigkeit und die Ausbrennbeständigkeit von Wolframelektroden effektiv verbessern können. Frühe Zirkonium-Wolfram-Elektroden wurden hauptsächlich für experimentelle Anwendungen verwendet, und ihr Herstellungsprozess war relativ rau, und die Gleichmäßigkeit der Dotierung und die Stabilität der Elektrodenqualität waren schlecht. Mit der Weiterentwicklung der Pulvermetallurgietechnologie und der Hochtemperatur-Sintertechnologie wurde die Leistung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts erheblich verbessert und nach und nach von der Industrie akzeptiert und beim Schweißen von Aluminiumlegierungen und Magnesiumlegierungen weit verbreitet.

In den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts begannen die International Organization for Standardization (ISO) und die American Welding Society (AWS) mit der Formulierung relevanter Normen für Wolframelektroden, einschließlich der chemischen Zusammensetzung, der Leistungsanforderungen und der Klassifizierung von Zirkonium-Wolframelektroden. Die Einführung dieser Normen hat die standardisierte Produktion und weltweite Anwendung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden gefördert. Im gleichen Zeitraum wurde das Sortensystem von Zirkonium-Wolframelektroden schrittweise verbessert, und Sorten wie WZ3 und WZ8 wurden zum Mainstream, und ihre Leistungsunterschiede wurden systematisch untersucht und auf verschiedene Schweißszenarien angewendet.

Im 21. Jahrhundert hat sich mit der rasanten Entwicklung von High-Tech-Bereichen wie der Luft- und Raumfahrt, der Nuklearindustrie und dem Bau medizinischer Geräte der Anwendungsbereich von Zirkonium-Wolfram-Elektroden weiter erweitert. Die Herstellung moderner Zirkonium-Wolfram-Elektroden wurde hochgradig automatisiert, wobei fortschrittliche Dotierungstechnologie und Präzisionsverarbeitungsgeräte zum Einsatz kamen, um eine hohe Elektrodenkonsistenz und Zuverlässigkeit zu gewährleisten. Gleichzeitig wurden durch die Einführung grüner Fertigungskonzepte die Umweltoptimierung im Produktionsprozess gefördert, wie z. B. die

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

Reduzierung von Abfallemissionen und die Verbesserung der Rohstoffausnutzung.

In den letzten Jahren hat sich die Forschung und Entwicklung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden auf Leistungsoptimierung und Multifunktionalität verlagert. Als Reaktion auf die Nachfrage nach Hochstrom-Wechselstromschweißen haben Forscher beispielsweise neue Zirkonium-Wolfram-Elektrodenformulierungen entwickelt, um die Lichtbogenkonzentration und die Lebensdauer der Elektroden weiter zu verbessern. Darüber hinaus hat sich die Anwendung der Nanotechnologie bei der Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden zu einem Forschungs-Hotspot entwickelt, und die Dotierung von nanoskaligen Zirkonoxidpartikeln kann die Mikrostruktur und Leistung von Elektroden erheblich verbessern.

1.3 Die Bedeutung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden in der modernen Industrie

Zirkonium-Wolfram-Elektroden spielen in der modernen Industrie, insbesondere im Bereich des hochpräzisen Schweißens und Schneidens, eine entscheidende Rolle. Seine Bedeutung spiegelt sich vor allem in folgenden Aspekten wider:

Erstens verbessert die Anwendung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden beim WIG-Schweißen die Schweißqualität und -effizienz erheblich. Das WIG-Schweißen wird aufgrund seiner hohen Präzision, Spritzwasserfreiheit und breiten Anwendbarkeit häufig in der Luft- und Raumfahrt, im Automobilbau und im Schiffbau eingesetzt. Zirkonium-Wolfram-Elektroden weisen beim Wechselstromschweißen eine hervorragende Lichtbogenstabilität auf, wodurch Lichtbogendrift und Schweißfehler effektiv reduziert werden, und eignen sich besonders zum Schweißen von Leichtmetallen wie Aluminium und Magnesium und deren Legierungen. Diese Materialien werden häufig in der Luft- und Raumfahrt (z. B. Flugzeugumpf, Triebwerkskomponenten) und in der Automobilindustrie (z. B. Gehäuse aus Aluminiumlegierungen) verwendet, und die stabile Leistung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden bietet eine zuverlässige Garantie für diese Industrien.

Zweitens erweitert der Einsatz von Zirkonium-Wolfram-Elektroden beim Plasmaschneiden und -sprühen ihren industriellen Wert weiter. Beim Plasmaschneiden muss die Elektrode in Umgebungen mit hohen Temperaturen und hohen Strömen stabil bleiben, und die Durchbrennfestigkeit und die lange Lebensdauer von Zirkonium-Wolframelektroden machen sie zur idealen Wahl. Beim Plasmaspritzen sorgen Zirkonium-Wolfram-Elektroden für einen stabilen Plasmalichtbogen, um die Beschichtungsqualität und -gleichmäßigkeit zu gewährleisten, was besonders bei Beschichtungen von Triebwerksschaufeln und der verschleißfesten Materialaufbereitung wichtig ist.

Darüber hinaus haben Zirkonium-Wolfram-Elektroden auch wichtige Anwendungen in High-Tech-Bereichen wie der Nuklearindustrie und der Herstellung medizinischer Geräte. In der Nuklearindustrie werden Zirkonium-Wolfram-Elektroden zum Schweißen von Schlüsselkomponenten von Kernreaktoren verwendet, und ihre hohe Zuverlässigkeit und Korrosionsbeständigkeit können den Anforderungen extremer Umgebungen gerecht werden. Bei der Herstellung von Medizinprodukten werden Zirkonium-Wolfram-Elektroden zur Herstellung hochpräziser Komponenten wie Röntgengeräte und chirurgischer Instrumente verwendet, und ihre hervorragende Leistung gewährleistet die Langzeitstabilität und Sicherheit der Geräte.

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

Die breite Anwendung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden hat auch die Entwicklung verwandter Industrieketten gefördert. So hat beispielsweise die Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden die Entwicklung des Wolframerzbergbaus, der Herstellung von pulvermetallurgischen Geräten und der Qualitätsprüftechnik gefördert. Gleichzeitig fördern die standardisierte Produktion und der internationale Handel die Zusammenarbeit und den technischen Austausch in der globalen Schweißindustrie.

Mit der Weiterentwicklung der intelligenten Fertigung und der grünen Produktionstechnik sollen sich in Zukunft die Leistungs- und Anwendungsfelder von Zirkonium-Wolfram-Elektroden weiter erweitern. So werden beispielsweise im Bereich der neuen Energien (z. B. Herstellung von Wind- und Solaranlagen) und der 3D-Drucktechnologie die Anwendungsmöglichkeiten von Zirkonium-Wolfram-Elektroden untersucht. Die Anforderungen an Materialeigenschaften und Prozesspräzision in diesen aufstrebenden Bereichen werden die Bedeutung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden weiter verdeutlichen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Zirkonium-Wolfram-Elektroden als Hochleistungs-Schweiß- und Schneidwerkstoff mit ihrer hervorragenden Lichtbogenstabilität, Ausbrennfestigkeit und breiten Anwendbarkeit eine wichtige Stellung in der modernen Industrie einnehmen. Die kontinuierliche technologische Weiterentwicklung und die Erweiterung der Anwendungen werden die Innovation und Entwicklung in der industriellen Fertigung weiter vorantreiben.



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

CTIA GROUP LTD

Zirconium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Zirconium Tungsten Electrode

Zirconium tungsten electrode is a non-radioactive welding electrode made by doping a small amount of zirconium oxide (ZrO₂) into a high-purity tungsten base. It is specifically optimized for AC TIG (Tungsten Inert Gas) welding. Its excellent arc stability and outstanding resistance to contamination make it the preferred choice for welding aluminum, magnesium, and their alloys.

2. Types of Zirconium Tungsten Electrode

Grade	Tip Color	ZrO ₂ Content (wt.%)	Characteristics & Applications
WZ3	Brown	0.2 - 0.4	Ideal for low to medium intensity AC welding; cost-effective
WZ38	White	0.7 - 0.9	Industry-standard grade with excellent overall performance

3. Standard Sizes & Packaging of Zirconium Tungsten Electrode

Diameter (mm)	Length (mm)	Regular Coloring	Packing:
1.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10 pcs/box
1.6	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.4	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
3.2	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
4.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
Remark	The sizes can be customized		

4. Applications of Zirconium Tungsten Electrode

- Welding of aluminum and aluminum alloys: such as doors, windows, frames, and automotive body structures
- Welding of magnesium and magnesium alloys: widely used in aerospace lightweight components
- AC welding of stainless steel (under specific low-current conditions)
- Precision welding in aerospace, rail transit, pressure vessels, etc.
- Used in automated welding systems and robotic torch assemblies

5. 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 Grundlegende Konzepte von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

2.1 Definition der Zirkonium-Wolfram-Elektrode

Die Zirkonium-Wolfram-Elektrode ist ein nicht abschmelzbares Elektrodenmaterial, das mit einer geringen Menge Zirkonoxid (ZrO_2) auf Basis von hochreinem Wolfram dotiert ist und hauptsächlich in industriellen Hochtemperatur- und Hochstromanwendungen wie Wolfram-Schutzgasschweißen (WIG-Schweißen), Plasmaschneiden und Plasmaspritzen verwendet wird. Durch die Zugabe von Zirkonoxid zur Wolframmatrix verbessern Zirkonium-Wolfram-Elektroden die Lichtbogenstabilität, das Zündverhalten und die Ausbrennfestigkeit der Elektroden erheblich, wodurch sie sich hervorragend für das Wechselstromschweißen (AC) eignen, insbesondere für das Schweißen von Leichtmetallen wie Aluminium, Magnesium und deren Legierungen.

Nach internationalen Normen wie ISO 6848 und AWS A5.12 sind Zirkonium-Wolfram-Elektroden definiert als Wolframlegierungselektroden, die einen bestimmten Anteil an Zirkonoxid (typischerweise 0,15 % bis 0,8 %) enthalten, wobei Sorten, die mit "WZ" beginnen, wie z. B. WZ3 (0,3 % Zirkonoxid) und WZ8 (0,8 % Zirkonoxid). Diese Elektroden werden mit Hilfe von pulvermetallurgischen Techniken hergestellt, um Zirkonoxid gleichmäßig in eine Wolframmatrix zu dotieren, um ihre Hochtemperaturleistung und ihre elektrischen Eigenschaften zu optimieren. Die Hauptfunktion von Zirkonium-Wolfram-Elektroden besteht darin, als nicht abschmelzbare Elektroden beim Lichtbogenschweißen oder -schneiden zu dienen, einen stabilen Lichtbogen zu liefern und eine lange Lebensdauer zu gewährleisten, während eine Kontamination der Schweißnaht vermieden wird.

Zirkonium-Wolfram-Elektroden wurden entwickelt, um die Mängel von reinen Wolframelektroden beim Wechselstromschweißen auszugleichen, wie z. B. Lichtbogeninstabilität und vorzeitiges Durchbrennen der Elektrodenspitze. Im Vergleich zu anderen dotierten Elektroden, wie z.B. Thoriumwolfram- oder Cerwolframelektroden, bieten Zirkoniumwolframelektroden aufgrund ihrer starken Lichtbogenkonzentration einzigartige Vorteile beim Wechselstromschweißen, wodurch sie sich für hochpräzise Schweißprozesse eignen. Darüber hinaus enthalten Zirkonium-Wolfram-Elektroden keine radioaktiven Elemente, was sie umweltfreundlicher als Thorium-Wolfram-Elektroden macht und die Sicherheits- und Nachhaltigkeitsanforderungen der modernen Industrie erfüllt.

2.2 Chemische Zusammensetzung der Zirkonium-Wolfram-Elektrode

Die chemische Zusammensetzung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden setzt sich hauptsächlich aus hochreinem Wolfram (W) zusammen und ist mit einem geringen Anteil Zirkonoxid (ZrO_2) als Leistungsverstärker dotiert. Die Reinheit von Wolfram muss in der Regel über 99,5 % liegen, um die Stabilität der Elektrode in Hochtemperatur- und Hochstromumgebungen zu gewährleisten. Das Dotierungsverhältnis von Zirkonoxid variiert je nach Elektrodenqualität und liegt typischerweise zwischen 0,15 % und 0,8 %, wie z. B. WZ3 (0,3 % ZrO_2) und WZ8 (0,8 % ZrO_2). Zusätzlich zu Wolfram und Zirkonoxid können Zirkonium-Wolframelektroden Spuren von Verunreinigungen (wie Eisen, Silizium, Kohlenstoff usw.) enthalten, aber der Gehalt dieser Verunreinigungen muss innerhalb des von internationalen Standards festgelegten Bereichs (in der Regel weniger als 0,05 %)

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

streng kontrolliert werden, um eine Beeinträchtigung der Elektrodenleistung zu vermeiden.

Die Zugabe von Zirkonoxid ist der Schlüssel zur Verbesserung der Leistung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden. Zirkonoxid ist ein Oxid mit einem hohen Schmelzpunkt (ca. 2715 °C) und einer starken chemischen Stabilität, das gleichmäßig verteilte winzige Partikel in der Wolframmatrix bilden kann. Diese Partikel verbessern die Lichtbogenstabilität und die Ausbrennfestigkeit der Elektrode erheblich, indem sie die Kristallstruktur und die Elektronenemissionseigenschaften von Wolfram verändern. Das Dotierungsverhältnis von Zirkonoxid wirkt sich direkt auf die Leistung der Elektrode aus: Niedrigere Dotierungswerte (z. B. WZ3) eignen sich für das Wechselstromschweißen mit mittleren Strömen, während höhere Dotierungswerte (z. B. WZ8) eher für hohe Ströme und Szenarien mit hohen Anforderungen an die Lichtbogenkonzentration geeignet sind.

Die chemische Zusammensetzung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden wird während der Produktion durch präzise Rohstoffverhältnisse und Dotierungsprozesse kontrolliert. Der üblicherweise verwendete Wolframrohstoff in der Produktion ist hochreines Wolframpulver, und Zirkonoxid wird normalerweise in Form von hochreinem Pulver oder einer Lösung zugesetzt. Der Dotierungsprozess muss die gleichmäßige Verteilung der Zirkonoxidpartikel in der Wolframmatrix sicherstellen und eine lokale Aggregation oder Segregation vermeiden, um die Konsistenz der Elektrodenleistung zu gewährleisten. Moderne Produktionstechniken können auch Spuren anderer Additive, wie z. B. Seltenerdoxide, einführen, um die Leistung weiter zu optimieren, aber die Verwendung dieser Additive muss den einschlägigen Normen und Industrieanforderungen entsprechen.

2.3 Vergleich der Zirkonium-Wolfram-Elektrode mit anderen Wolfram-Elektroden

Als Mitglied der Wolframelektrodenfamilie unterscheiden sich Zirkoniumwolframelektroden in Bezug auf Leistung, Verwendung und anwendbare Szenarien erheblich von anderen Arten von Wolframelektroden wie reinen Wolframelektroden, thorierten Wolframelektroden, Cerwolframelektroden und lanthanierten Wolframelektroden.

Im Folgenden finden Sie einen Vergleich der Eigenschaften von Zirkonium-Wolfram-Elektroden und anderen Wolfram-Elektroden aus mehreren Dimensionen:

Reine Wolframelektrode (WP)

Die reine Wolframelektrode besteht zu mehr als 99,95 % aus hochreinem Wolfram ohne jegliche Oxiddotierung. Seine Vorteile sind eine hohe chemische Stabilität, keine Radioaktivität und die Eignung für das Niedrigstrom-Gleichstromschweißen (DC). Reine Wolframelektroden haben jedoch eine schlechte Lichtbogenstabilität und ein schwaches Zündverhalten beim Wechselstromschweißen, und die Elektrodenspitze neigt zu Überhitzung und Durchbrennen, was zu einer kurzen Lebensdauer führt. Im Gegensatz dazu verbessern Zirkonium-Wolfram-Elektroden die Lichtbogenstabilität und das Zündverhalten beim Wechselstromschweißen durch Zirkonoxid-Dotierung deutlich und eignen sich damit besonders für das Schweißen von Aluminium- und Magnesiumlegierungen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Thorium-Wolfram-Elektrode (WT20)

Die Thorium-Wolframelektrode ist mit 1,5 % bis 2,0 % Thoriumoxid (ThO_2) dotiert, das eine hervorragende Zündleistung und Lichtbogenstabilität aufweist und beim Gleichstromschweißen weit verbreitet ist. Thoriumoxid ist jedoch leicht radioaktiv, birgt potenzielle Gesundheits- und Umweltrisiken und ist beim Wechselstromschweißen weniger lichtbogenkonzentriert als Zirkonium-Wolframelektroden. Zirkonium-Wolfram-Elektroden sind nicht radioaktiv, umweltfreundlicher und weisen eine bessere Lichtbogenkontrolle beim Wechselstromschweißen auf, wodurch sie für hochpräzises Schweißen geeignet sind.

Cer-Wolfram-Elektrode (WC20)

Die Cer-Wolfram-Elektrode ist mit ca. 2,0 % Ceroxid (CeO_2) dotiert, das ein hervorragendes Zündverhalten aufweist und für das Niedrigstrom-Gleichstrom- und Wechselstromschweißen geeignet ist. Im Vergleich zu Zirkonium-Wolfram-Elektroden haben Cer-Wolfram-Elektroden eine etwas geringere Lichtbogenstabilität beim Hochstrom-Wechselstromschweißen und eine etwas kürzere Lebensdauer der Elektroden. Zirkonium-Wolfram-Elektroden haben eine höhere Ausbrennfestigkeit und Lichtbogenkonzentration beim AC-Schweißen, wodurch sie für Szenarien mit hoher Nachfrage geeignet sind.

Lanthan-Wolfram-Elektrode (WL15, WL20)

Die Lanthan-Wolfram-Elektrode ist mit 1,0 % bis 2,0 % Lanthanoxid (La_2O_3) dotiert, das ein gutes Zündverhalten und eine lange Lebensdauer aufweist und für das Gleich- und Wechselstromschweißen geeignet ist. Im Vergleich zu Zirkonium-Wolfram-Elektroden haben Lanthan-Wolfram-Elektroden eine bessere Leistung beim Gleichstromschweißen, aber die Lichtbogenkonzentration ist der von Zirkonium-Wolfram-Elektroden beim Wechselstromschweißen etwas unterlegen, insbesondere beim Schweißen von Aluminiumlegierungen, die Lichtbogenkontrollfähigkeit von Zirkonium-Wolfram-Elektroden ist stärker.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Zirkonium-Wolfram-Elektroden einzigartige Vorteile beim AC-Schweißen haben, insbesondere beim Schweißen von Leichtmetallen wie Aluminium und Magnesium. Aufgrund seiner nicht-radioaktiven und umweltfreundlichen Eigenschaften ersetzt es nach und nach Thorium-Wolfram-Elektroden in der modernen Industrie und wird zur bevorzugten Elektrode für hochpräzises Schweißen. Beim Gleichstromschweißen oder in Niedrigstromszenarien können jedoch Cer-Wolfram- oder Lanthan-Wolfram-Elektroden vorteilhafter sein. Die Auswahl der Elektroden sollte umfassend auf der Grundlage des spezifischen Prozesses, der Stromart und der Materialanforderungen überlegt werden.

2.4 Physikalische und chemische Eigenschaften von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Zirkonium-Wolfram-Elektroden sind die Grundlage für ihre hervorragende Leistung in Umgebungen mit hohen Temperaturen und hohen Strömen. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Analyse unter vier Aspekten: Schmelzpunkt und thermische Stabilität, elektrische und thermische Leitfähigkeit, Oxidationsbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit sowie mechanische Eigenschaften.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

2.4.1 Schmelzpunkt und thermische Stabilität

Zirkonium-Wolfram-Elektroden erben die hohen Schmelzpunkteigenschaften von Wolfram mit einem Schmelzpunkt von etwa 3422 °C (dem Schmelzpunkt von reinem Wolfram), der zu den höchsten unter den bekannten Metallwerkstoffen gehört. Obwohl die Dotierung von Zirkonoxid (Schmelzpunkt von ca. 2715°C) den theoretischen Schmelzpunkt der Wolframmatrix leicht senkt, kann die Zirkoniumwolframelektrode in einer Lichtbogenumgebung von bis zu 6000°C in praktischen Anwendungen immer noch die Strukturstabilität aufrechterhalten. Zirkonoxidpartikel bilden in der Wolframmatrix eine stabile dispergierte Phase, die das Kornwachstum und die Hochtemperaturverformung wirksam hemmen und dadurch die thermische Stabilität der Elektrode verbessern kann.

Beim WIG-Schweißen oder Plasmaschneiden werden Zirkonium-Wolfram-Elektroden hohen Temperaturen (ca. 6000 °C bis 7000 °C) ausgesetzt, die durch den Lichtbogen erzeugt werden. Seine ausgezeichnete thermische Stabilität ermöglicht es, die Spitzenform auch bei längerem Hochstrombetrieb beizubehalten, wodurch Ausbrennen und Schmelzen reduziert werden. Im Vergleich zu reinen Wolframelektroden weisen Zirkonium-Wolframelektroden eine bessere thermische Stabilität beim Wechselstromschweißen auf, insbesondere bei hochfrequenten geschalteten Wechselstromlichtbögen, die stabile Elektronenemissionen aufrechterhalten können.

2.4.2 Elektrische und thermische Leitfähigkeit

Zirkonium-Wolfram-Elektroden haben eine gute elektrische und thermische Leitfähigkeit, die eng mit den Eigenschaften ihrer Wolframmatrix zusammenhängt. Die Leitfähigkeit von Wolfram beträgt $1,82 \times 10^7$ S/m und die Wärmeleitfähigkeit etwa 173 W/(m·K) (bei Raumtemperatur). Die Dotierung von Zirkonoxid hat nur einen geringen Einfluss auf die elektrische und thermische Leitfähigkeit, aber beim Hochstrom-Wechselstromschweißen sorgt die Leitfähigkeit von Zirkonium-Wolfram-Elektroden für eine stabile Lichtbogenbildung und Energieübertragung.

Die Wärmeleitfähigkeit ist entscheidend für die Leistung der Elektrode. Während des Schweißvorgangs wird die Elektrodenspitze hohen Temperaturen ausgesetzt, und eine gute Wärmeleitfähigkeit kann die Wärme schnell von der Spitze zu anderen Teilen der Elektrode leiten, wodurch eine lokale Überhitzung und ein Durchbrennen verhindert werden. Die Wärmeleitfähigkeit von Zirkonium-Wolfram-Elektroden ermöglicht es ihnen, niedrige Spitzentemperaturen aufrechtzuerhalten und ihre Lebensdauer beim Hochstrom-Wechselstromschweißen zu verlängern.

2.4.3 Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit

Die Oxidationsbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit von Zirkonium-Wolfram-Elektroden in Hochtemperaturumgebungen sind wichtige Vorteile. Wolfram selbst neigt dazu, bei hohen Temperaturen mit Sauerstoff zu reagieren, um flüchtige Oxide (wie WO_3) zu bilden, was zu einem Elektrodenbrand führt. Durch die Dotierung von Zirkonoxid wird die Oxidationsbeständigkeit der Elektrode deutlich verbessert, indem eine stabile Oxidschicht gebildet wird. Zirkonoxidpartikel bilden eine Schutzschicht auf der Oberfläche der Elektrode, die die Reaktionsgeschwindigkeit zwischen Wolfram und Sauerstoff verlangsamt, so dass die Zirkonium-Wolframelektrode in der oxidierenden Atmosphäre noch eine lange Lebensdauer behalten kann.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

In Bezug auf die Korrosionsbeständigkeit weisen Zirkonium-Wolfram-Elektroden eine gute Stabilität gegenüber Chemikalien auf, die in gängigen Schweißumgebungen vorhanden sind, wie z. B. Inertgase und Metaldämpfe. Insbesondere beim Schweißen von Aluminiumlegierungen können Zirkonium-Wolfram-Elektroden den Auswirkungen von Aluminiumoxiden und anderen Verunreinigungen widerstehen, wodurch Verunreinigungen und Leistungseinbußen an der Elektrodenspitze reduziert werden.

2.4.4 Mechanische Eigenschaften (Härte, Duktilität usw.)

Zu den mechanischen Eigenschaften von Zirkonium-Wolfram-Elektroden gehören eine hohe Härte, eine mäßige Duktilität und eine gute Bruchfestigkeit. Die Härte von Wolfram (Vickers-Härte von etwa 350-400 HV) verleiht Zirkonium-Wolframelektroden eine hervorragende Verschleißfestigkeit und Verformungsbeständigkeit, so dass sie ihre strukturelle Integrität unter hochfrequenten Vibrationen und mechanischer Belastung beibehalten können. Die Dotierung von Zirkonoxid erhöht leicht die Härte der Elektrode und verbessert gleichzeitig ihre Beständigkeit gegen Sprödbruch.

Während des Produktionsprozesses werden Zirkonium-Wolfram-Elektroden gezogen und wärmebehandelt, um eine moderate Duktilität zu erreichen, wodurch sie zu Elektrodenstäben mit unterschiedlichen Durchmessern (z. B. 1,0 mm bis 6,4 mm) und Längen verarbeitet werden können. Die Optimierung der Duktilität stellt sicher, dass die Elektrode während der Verarbeitung und des Gebrauchs nicht anfällig für Risse oder Brüche ist. Darüber hinaus ermöglicht die Ermüdungsbeständigkeit von Zirkonium-Wolfram-Elektroden, dass sie wiederholten thermischen und mechanischen Belastungen in hochfrequenten Wechsellichtbögen standhalten und ihre Lebensdauer verlängern.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung



Kapitel 3 Klassen von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

3.1 Klassifizierung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Die Sortenklassifizierung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden basiert auf ihrem Gehalt an Zirkonoxid (ZrO_2) und ihren Leistungsmerkmalen mit dem Ziel, eine standardisierte Elektrodenauswahl für verschiedene Schweiß- und Schneidprozesse zu ermöglichen. Die Klassifizierung von Sorten erleichtert nicht nur die Identifizierung in Produktion und Anwendung, sondern bietet dem Benutzer auch eine klare Leistungsempfehlung. Sowohl auf dem internationalen als auch auf dem nationalen Markt gelten standardisierte Namenskonventionen, um die Kompatibilität und Konsistenz von Zirkonium-Wolframelektroden weltweit zu gewährleisten.

3.1.1 International gebräuchliche Sorten (z.B. WZ3, WZ8)

Auf internationaler Ebene folgen Zirkonium-Wolframelektroden in der Regel den Standards der International Organization for Standardization (ISO 6848) und der American Welding Society (AWS A5.12), beginnend mit "WZ", gefolgt von einer Zahl, die den ungefähren Gewichtsanteil von Zirkonoxid angibt (in 0,1 %). Zu den gebräuchlichsten internationalen Sorten gehören WZ3 und WZ8, die einen Zirkonoxidgehalt von 0,3 % bzw. 0,8 % angeben. Diese Sorten sind in der globalen Schweißindustrie, insbesondere auf dem europäischen und amerikanischen Markt, weit verbreitet.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

WZ3 (0,15 %–0,4 % ZrO₂)

WZ3 ist eine Sorte mit einem geringeren Zirkoniumdioxidgehalt in Zirkonium-Wolframelektroden und wird häufig zum Schweißen mit Wechselstrom (AC) bei mittleren Strömen verwendet. Es zeichnet sich durch eine gute Lichtbogenstabilität und ein hervorragendes Zündverhalten aus und eignet sich daher für das Schweißen von Leichtmetallen wie Aluminium, Magnesium und deren Legierungen. Die WZ3-Elektrode hat eine moderate Durchbrennfestigkeit und eignet sich daher für Szenarien, in denen die Lebensdauer der Elektrode nicht zu hoch ist, wie z. B. kleine Schweißvorgänge oder Niederfrequenz-Wechselstromschweißen.

WZ8 (0,7 %–0,9 % ZrO₂)

WZ8 enthält einen höheren Anteil an Zirkonoxid und ist für das Hochstrom-AC-Schweißen ausgelegt. Seine Lichtbogenkonzentration ist höher und seine Durchbrandfestigkeit ist besser als die des WZ3, wodurch es für Szenarien geeignet ist, die hochpräzise und qualitativ hochwertige Schweißnähte erfordern, wie z. B. bei der Herstellung von Luft- und Raumfahrtkomponenten und der Herstellung von Ausrüstungen für die Nuklearindustrie. WZ8-Elektroden eignen sich hervorragend für hochfrequente Wechselstrom-Lichtbögen und behalten eine stabile Lichtbogenform und eine lange Lebensdauer bei.

Neben WZ3 und WZ8 können in einigen Ländern und Regionen je nach Bedarf auch andere nicht standardmäßige Typen entwickelt werden, aber der Anwendungsbereich dieser Typen ist eng gefasst und in der Regel auf bestimmte Branchen oder kundenspezifische Anwendungen beschränkt. Internationale Normen spezifizieren auch die Farbkennzeichnung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden, WZ3 und WZ8 sind in der Regel in Braun und Weiß markiert (Spitzen- oder Ganzelektrodenbeschichtung), um die Identifizierung im Feld zu erleichtern.

3.1.2 Regeln für die Benennung inländischer Marken

In China orientiert sich die Sortenbezeichnung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden hauptsächlich an nationalen Standards (GB/T-Normen), wie z. B. GB/T 4187-2017 "Wolfram-Elektroden". Die Benennung von inländischen Qualitäten ähnelt internationalen Standards, beginnt in der Regel mit "WZ", gefolgt von einer Zahl, die den Zirkonoxidgehalt angibt, kann aber auch je nach Geschäfts- oder Branchenbedarf erweitert werden. Zu den gängigen inländischen Sorten gehören WZ3 und WZ8, die mit internationalen Standards übereinstimmen, aber einige Unternehmen verwenden möglicherweise benutzerdefinierte Namen wie "WZr-3" oder "WZr-8", die die gleiche Bedeutung wie internationale Sorten haben.

Die Benennungsvorschriften für inländische Sorten können auch in Kombination mit dem Zweck oder der Leistung von Elektroden ergänzt werden. Einige Unternehmen fügen beispielsweise Buchstaben oder Zahlen nach der Sorte hinzu, um den spezifischen Verarbeitungsprozess oder das Anwendungsszenario der Elektrode anzugeben, z. B. "WZ8-H" für die hochpräzise Bearbeitung der WZ8-Elektrode. Nationale Normen legen die chemische Zusammensetzung, die Maßtoleranzen und die Leistungsanforderungen von Zirkonium-Wolfram-Elektroden klar fest und stellen sicher, dass sie den internationalen Normen entsprechen.

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

Im Vergleich zum internationalen Markt wird bei der inländischen Markenbenennung mehr auf lokalisierte Anwendungen geachtet, insbesondere in kleinen und mittleren Schweißunternehmen und bei der Herstellung von nicht standardmäßigen Geräten kann es einige nicht standardisierte Benennungsmethoden geben. Diese Benennungsmethoden werden in der Regel von den Herstellern an die Kundenbedürfnisse angepasst, aber der Gesamtbezug bezieht sich immer noch auf den GB/T-Standard, um die Produktqualität und -konsistenz zu gewährleisten.

3.2 Unterschiede im Zirkoniumgehalt und in der Leistung der einzelnen Sorten

Der Leistungsunterschied der Zirkonium-Wolfram-Elektrode ist hauptsächlich auf den Unterschied im Zirkonoxidgehalt zurückzuführen. Als Dotierstoff beeinflusst Zirkonoxid die Lichtbogenstabilität, die Zündleistung, die Ausbrennfestigkeit und die Lebensdauer der Elektrode erheblich, indem es die Mikrostruktur und die Elektronenemissionseigenschaften der Wolframmatrix verändert. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Analyse der Unterschiede im Zirkoniumgehalt und in der Leistung zwischen WZ3- und WZ8-Sorten:

WZ3 (0,15 %–0,4 % ZrO₂)

WZ3-Elektroden haben einen geringen Zirkonoxidgehalt und eignen sich für das AC-Schweißen bei mittleren Strömen (50–150 A). Zu seinen wichtigsten Leistungsmerkmalen gehören:

Lichtbogenstabilität: WZ3 bietet einen stabilen Lichtbogen beim Wechselstromschweißen mit geringerer Lichtbogendrift und eignet sich daher zum Schweißen von dünnen Aluminiumblechen oder Magnesiumlegierungen.

Zündleistung: Der geringe Gehalt an Zirkonoxid sorgt dafür, dass WZ3 beim Zünden eine geringe Elektronenaustrittsleistung aufweist und es einfacher ist, den Lichtbogen zu starten.

Brennfestigkeitsfähigkeit: Im Vergleich zu reinen Wolframelektroden hat WZ3 eine verbesserte Brennbeständigkeit, kann jedoch bei hohen Strömen oder längerem Schweißen ein leichtes Ausbrennen an der Elektrodenspitze aufweisen.

Lebensdauer: Der WZ3 hat eine moderate Lebensdauer, wodurch er sich für kleine bis mittlere Schweißaufgaben eignet, aber er hat eine etwas kürzere Lebensdauer als der WZ8 beim Hochstrom- oder Hochfrequenzschweißen.

Mikrostruktur: WZ3 hat eine spärliche Verteilung von Zirkonoxidpartikeln und eine große Korngröße, wodurch es für Schweißumgebungen mittlerer Intensität geeignet ist.

WZ8 (0,7 %–0,9 % ZrO₂)

WZ8-Elektroden haben einen hohen Zirkonoxidgehalt und sind für das AC-Schweißen mit hohen Strömen (150–400 A) ausgelegt, mit Leistungsmerkmalen wie:

Lichtbogenstabilität: Die Lichtbogenkonzentration des WZ8 ist extrem stark und die Lichtbogenform ist stabil, wodurch es für hochpräzises Schweißen geeignet ist, wie z. B. das WIG-Schweißen für Luft- und Raumfahrtkomponenten.

Zündleistung: Der hohe Zirkonoxidgehalt reduziert die Elektronenaustrittsarbeit weiter, wodurch WZ8 ein hervorragendes Zündverhalten in hochfrequenten Wechsellichtbögen aufweist.

Brennfestigkeit: Die Brennbeständigkeit des WZ8 ist deutlich besser als die des WZ3, wodurch die

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Spitzenform in Umgebungen mit hohem Strom und hohen Temperaturen beibehalten wird und das Schmelzen oder Reißen reduziert wird.

Lebensdauer: WZ8 hat eine längere Lebensdauer und eignet sich daher für langfristige, hochintensive Schweißaufgaben.

Mikrostruktur: WZ8 hat dichtere Zirkonoxidpartikel, eine kleinere Korngröße und eine gleichmäßigere Mikrostruktur, wodurch die Hochtemperaturbeständigkeit der Elektrode verbessert wird.

Andere Typen In einigen speziellen Anwendungen können auch nicht standardmäßige Typen verfügbar sein, wie z. B. Zirkonium-Wolfram-Elektroden mit 0,5 % oder 1,0 % Zirkonoxid. Bei diesen Sorten handelt es sich in der Regel um kundenspezifische Produkte mit einer Leistung zwischen WZ3 und WZ8, die für spezifische Branchenanforderungen geeignet sind, wie z. B. hochpräzises Plasmaschneiden oder Schweißen von Speziallegierungen.

Ein erhöhter Zirkonoxidgehalt verbessert in der Regel die Lichtbogenstabilität und die Ausbrennfestigkeit der Elektrode, aber eine zu hohe Dotierung kann zu einer erhöhten Elektrodensprödigkeit oder erhöhten Verarbeitungsschwierigkeiten führen. Daher gilt der Zirkonoxidgehalt von WZ3 und WZ8 als das beste Gleichgewicht zwischen Leistung und Kosten und erfüllt die meisten industriellen Anforderungen.

3.3 Auswahl und Anwendungsszenarien von Zirkonium-Wolfram-Elektrodenarten

Die Wahl der Sorte für Zirkonium-Wolframelektroden wirkt sich direkt auf die Qualität, Effizienz und Kosten des Schweißens aus. Im Folgenden wird die Anwendbarkeit von WZ3 und WZ8 unter den Aspekten von Anwendungsszenarien, Schweißverfahren und Materialarten analysiert:

Anwendungsszenarien des WZ3

Schweißmaterialien: WZ3 eignet sich zum Schweißen von Aluminium, Magnesium und deren Legierungen, insbesondere beim Schweißen von dünnen Blechen (z. B. Platten aus Aluminiumlegierungen mit einer Dicke von weniger als 3 mm). Seine Lichtbogenstabilität reduziert Schweißfehler und eignet sich daher für Szenarien mit hohen Anforderungen an die Oberflächenqualität.

Strombereich: Geeignet für AC-Schweißen von 50–150 A, geeignet für kleine und mittlere Schweißgeräte, wie z. B. manuelle WIG-Schweißgeräte.

Typische Anwendungen: Herstellung von Haushaltsgeräten, Schweißen von Fahrradrahmen aus Aluminiumlegierungen, Schweißen von Schiffsaluminiumstrukturen.

Vorteile: Geringere Kosten, einfache Zündung, geeignet für kleine bis mittlere Produktions- oder Niederfrequenz-Schweißaufgaben.

Einschränkungen: Bei hohen Strömen oder längerem Schweißen kann die Durchbrennfestigkeit und Langlebigkeit des WZ3 unzureichend sein.

Anwendungsszenarien des WZ8

Schweißmaterialien: WZ8 eignet sich zum Schweißen von stark nachgefragten Aluminiumlegierungen, Magnesiumlegierungen und Edelstählen, insbesondere beim Schweißen

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

von dicken Blechen (z. B. mit einer Dicke von mehr als 5 mm) oder beim Hochpräzisionsschweißen. Strombereich: Geeignet für das Hochstrom-Wechselstromschweißen von 150–400 A, geeignet für automatisierte Schweißgeräte oder Hochfrequenz-Wechselstrom-Lichtbogen.

Typische Anwendungen: Luft- und Raumfahrt (z. B. Flugzeugrumpf, Triebwerkskomponenten), Nuklearindustrie (z. B. Reaktorkomponenten), Herstellung medizinischer Geräte (z. B. Gehäuse für Röntgengeräte).

Vorteile: Starke Lichtbogenkonzentration, hohe Brennbeständigkeit und lange Lebensdauer, geeignet für hochfeste und langfristige Schweißaufgaben.

Einschränkungen: Höhere Kosten, etwas schwieriger zu verarbeiten, sind möglicherweise nicht für Szenarien mit niedrigem Strom oder geringer Genauigkeit geeignet.

Auswahlgrundsätze Bei der Auswahl von Zirkonium-Wolfram-Elektroden sollten folgende Faktoren umfassend berücksichtigt werden:

Schweißstrom: WZ3 für Schwachstrom, WZ8 für Starkstrom.

Materialtyp: Aluminium- und Magnesiumlegierungen bevorzugen Zirkonium-Wolfram-Elektroden, und WZ8 eignet sich eher für hochpräzise Anforderungen.

Schweißumgebung: WZ8 wird bevorzugt für Szenarien mit hochfrequentem Wechselstrom oder hohem Wärmeeintrag verwendet, und WZ3 kann für gewöhnliches Wechselstromschweißen ausgewählt werden.

Erschwinglichkeit: WZ3 hat niedrigere Kosten und ist für kleine und mittlere Unternehmen geeignet; Der WZ8 bietet eine hervorragende Leistung und eignet sich für High-End-Anwendungen.

Gerätekompatibilität: Stellen Sie sicher, dass der Elektrodendurchmesser und die Elektrodenlänge mit dem Schweißgerät übereinstimmen, mit gängigen Durchmessern von 1,6 mm, 2,4 mm, 3,2 mm usw.

3.4 Normung von Zirkonium-Wolfram-Elektrodenarten und internationaler Vergleich

Die Standardisierung der Sorten von Zirkonium-Wolfram-Elektroden ist der Schlüssel zur Gewährleistung ihrer Konsistenz und Austauschbarkeit auf der ganzen Welt. Internationale und nationale Normen bieten einheitliche Spezifikationen für die Sorten, die chemische Zusammensetzung und die Leistungsanforderungen von Zirkonium-Wolframelektroden und fördern so die globale Entwicklung der Schweißindustrie.

Internationale Standards

ISO 6848:2015: Diese Norm legt die Klassifizierung und die Anforderungen an nicht verbrauchbare Wolframelektroden fest, wobei Zirkonium-Wolframelektroden als "WZ"-Serie klassifiziert sind, und legt die chemische Zusammensetzung, die Farbbezeichnung (braun oder weiß) und die Leistungsanforderungen für WZ3 (0,15 %–0,4 % ZrO_2) und WZ8 (0,7 %–0,9 % ZrO_2) fest. ISO-Normen legen auch Maßtoleranzen, Oberflächengüte und Prüfmethode für Elektroden fest.

AWS A5.12/A5.12M:2009: Der Standard der American Welding Society stimmt weitgehend mit den ISO-Normen überein und definiert detailliert die Sorten, chemischen Zusammensetzungen und Anwendungsszenarien von Zirkonium-Wolfram-Elektroden. Im AWS-Standard ist die Farbkennzeichnung von WZ3 und WZ8 braun bzw. weiß, was den internationalen Praktiken

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

entspricht.

Weitere internationale Normen: Europa (EN-Norm) und Japan (JIS-Norm) beziehen sich ebenfalls auf ISO- und AWS-Normen, die die globale Kompatibilität von Zirkonium-Wolframelektroden gewährleisten.

Inländischer Standard

GB/T 4187-2017: Die chinesische nationale Norm "Wolframelektrode" legt die Qualität, die chemische Zusammensetzung, die Leistung und die Prüfverfahren von Zirkonium-Wolframelektroden detailliert fest. Inländische WZ3 und WZ8 entsprechen den internationalen Normen, aber es kann zu erweiterten Benennungen in Unternehmensnormen wie "WZr-3" oder "WZr-8" kommen.

Industriestandards: Die China Welding Association und die Nonferrous Metals Industry Association haben ergänzende Normen entwickelt, die zusätzliche Anforderungen an Zirkonium-Wolframelektroden in bestimmten Branchen (z. B. Luft- und Raumfahrt, Nuklearindustrie) festlegen.

Internationaler Vergleich Die Vergleichsbeziehung zwischen internationalen und nationalen Sorten ist relativ einfach, und WZ3 und WZ8 sind einheitlich in ISO-, AWS- und GB/T-Standards definiert. Die Farbkennzeichnung (braun oder weiß) ist weltweit einheitlich, um eine einfache Identifizierung vor Ort zu ermöglichen. In einigen Ländern kann es geringfügige Unterschiede in Bezug auf den Verunreinigungsgehalt, die Oberflächenbehandlung oder die Verpackungsanforderungen für Elektroden in der Norm geben, aber die wichtigsten Leistungsindikatoren bleiben gleich.

Normungstrend Mit der Weiterentwicklung der Schweißtechnik wird auch die Normung von Zirkonium-Wolframelektroden ständig aktualisiert. Zu den zukünftigen Trends gehören:

Leistungsoptimierung: Entwickeln Sie neue Sorten, um den Schweißanforderungen von hohen Strömen, hohen Frequenzen oder speziellen Materialien gerecht zu werden.

Anforderungen an den Umweltschutz: den Verunreinigungsgehalt in der Elektrode weiter reduzieren und eine umweltfreundliche Produktion fördern.

Internationale Koordination: Verstärken Sie die Koordination von ISO-, AWS- und GB/T-Standards, um den globalen Handel und die Anwendung zu erleichtern.

Intelligentes Testen: Führen Sie automatisierte Prüftechnologien ein, um die Genauigkeit und Effizienz der Sortenzertifizierung zu verbessern.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung



Kapitel 4 Eigenschaften von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

4.1 Lichtbogenstabilität von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Die Lichtbogenstabilität ist eine der Kerneigenschaften der Zirkonium-Wolfram-Elektrode beim Wolfram-Schutzgasschweißen (WIG-Schweißen) und beim Plasmaschneiden, was sich auf die Fähigkeit der Elektrode bezieht, eine stabile Lichtbogenform beizubehalten und Lichtbogendrift in Hochstrom- und Hochtemperatur-Lichtbogenumgebungen zu vermeiden. Zirkonium-Wolfram-Elektroden zeichnen sich durch ihre Dotierung von Zirkonoxid (ZrO_2) durch ihre Dotierung von Zirkonoxid (ZrO_2) aus, insbesondere beim Wechselstromschweißen.

Die Dotierung von Zirkonoxid reduziert die Elektronenaustrittsfunktion der Wolframmatrix, wodurch Elektronen leichter von der Elektrodenoberfläche emittiert werden können, was zu einem stabilen Lichtbogen führt. Im Vergleich zu reinen Wolframelektroden ist der Lichtbogen von Zirkonium-Wolframelektroden konzentrierter und das Phänomen der Lichtbogendrift wird deutlich reduziert. Diese Eigenschaft ist besonders wichtig beim Schweißen von Leichtmetallen wie Aluminium und Magnesium, da diese Werkstoffe aufgrund der Lichtbogeninstabilität beim Wechselstromschweißen anfällig für Schweißfehler wie Porosität oder Nichtverschmelzung sind. Die Lichtbogenstabilität von Zirkonium-Wolfram-Elektroden beruht hauptsächlich auf der gleichmäßigen Verteilung von Zirkoniumdioxid-Partikeln in der Wolframmatrix, die die Haltbarkeit und Steuerbarkeit des Lichtbogens verbessern, indem sie die Kristallstruktur und die

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Elektronenemissionseigenschaften der Oberfläche optimieren.

In der Praxis hängt die Lichtbogenstabilität von Zirkonium-Wolfram-Elektroden eng mit dem Zirkonoxidgehalt zusammen. Zum Beispiel hat WZ8 (0,7 %–0,9 % ZrO_2) im Vergleich zu WZ3 (0,15 %–0,4 % ZrO_2) eine höhere Lichtbogenkonzentration und eignet sich für das Wechselstromschweißen mit hohen Strömen (150–400 A), da es in der Lage ist, eine stabile Lichtbogenform in hochfrequenten Lichtbögen aufrechtzuerhalten. Das WZ3 eignet sich eher für Szenarien mit mittlerem Strom (50–150 A) und seine Lichtbogenstabilität ist ausreichend, um die Anforderungen des Dünnblechschweißens oder des Niederfrequenz-Wechselstromschweißens zu erfüllen. Aufgrund der hervorragenden Lichtbogenstabilität werden Zirkonium-Wolfram-Elektroden häufig in der Luft- und Raumfahrt, im Automobilbau und im Schiffbau eingesetzt, wo die Schweißqualität extrem hoch ist.

Darüber hinaus wird die Lichtbogenstabilität von Zirkonium-Wolfram-Elektroden auch durch die Form der Elektrodenspitze beeinflusst. Das Schleifen der Spitze in eine konische Form (normalerweise 30° – 60°) kann die Lichtbogenkonzentration weiter erhöhen und die Lichtbogenspreizung reduzieren. Moderne Schweißgeräte optimieren die Lichtbogenstabilität von Zirkonium-Wolframelektroden weiter, indem sie Stromwellenformen, wie z. B. Rechteckwellenwechselstrom, präzise steuern, wodurch sie in komplexen Schweißumgebungen eine höhere Zuverlässigkeit aufweisen können.

4.2 Zündleistung und Elektrodenlebensdauer der Zirkonium-Wolfram-Elektrode

Die Zündleistung bezieht sich auf die Leichtigkeit, mit der die Elektrode den Lichtbogen einleitet, was in der Regel anhand der Zündspannung und der Zünderfolgsrate bewertet wird. Die Zirkonium-Wolfram-Elektrode reduziert die Elektronenaustrittsarbeit erheblich (ca. 2,7–3,0 eV, gegenüber 4,5 eV für reines Wolfram) aufgrund der Dotierung von Zirkonoxid, wodurch die Lichtbogeninitiierung erleichtert wird, insbesondere beim Hochfrequenz-Wechselstromschweißen. Diese hervorragende Zündleistung macht Zirkonium-Wolfram-Elektroden zum Material der Wahl für das Schweißen von Aluminium- und Magnesiumlegierungen.

Die Zündleistung der WZ8-Elektrode ist aufgrund des höheren Zirkonoxidgehalts besser als die der WZ3. Beim Hochfrequenz-Wechselstromschweißen kann WZ8 bei niedrigerer Zündspannung schnell einen Lichtbogen bilden, wodurch das Risiko eines Zündausfalls oder einer Lichtbogenunterbrechung verringert wird. Obwohl die Zündleistung des WZ3 etwas schlechter ist als die des WZ8, liefert er dennoch zuverlässige Zündergebnisse im mittleren Strombereich und eignet sich damit für kleine bis mittlere Schweißaufgaben. Die verbesserte Zündleistung verbessert nicht nur die Schweißeffizienz, sondern reduziert auch Geräteverluste und verschwendete Betriebszeit aufgrund von Zündschwierigkeiten.

Die Lebensdauer der Elektrode ist eine weitere wichtige Eigenschaft von Zirkonium-Wolfram-Elektroden, die sich auf die Zeit bezieht, in der die Elektrode ihre Leistung unter normalen Nutzungsbedingungen aufrechterhalten kann. Die Lebensdauer von Zirkonium-Wolfram-Elektroden wird hauptsächlich durch ihre Fähigkeit begrenzt, Durchbrennen und Verschmutzung zu

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

widerstehen. Durch die Dotierung von Zirkonoxid wird die Ausbrennrate der Elektrode im Hochtemperaturlichtbogen deutlich reduziert, indem eine stabile Oxidschicht gebildet wird. WZ8-Elektroden haben aufgrund ihres höheren Zirkonoxidgehalts in der Regel eine um 30 % bis 50 % längere Lebensdauer als WZ3-Elektroden, insbesondere beim Hochstrom-Langzeitschweißen. Beim WIG-Schweißen von Komponenten für die Luft- und Raumfahrt ist die WZ8-Elektrode beispielsweise in der Lage, stundenlang bei kontinuierlich hohen Strömen (200–300 A) zu arbeiten, ohne dass sie häufig ausgetauscht werden muss.

Die Lebensdauer der Elektrode wird auch von der Schweißumgebung und den Betriebsbedingungen beeinflusst. Zum Beispiel kann ein geeigneter Schutz von Inertgasen, wie Argon oder Helium, die Oxidation auf der Elektrodenoberfläche reduzieren und die Lebensdauer verlängern. Die Optimierung des Spitzenschleifwinkels und der Stromwellenform verlängert auch effektiv die Lebensdauer der Elektroden. Im Vergleich zu reinen Wolframelektroden verlängert sich die Lebensdauer von Zirkonium-Wolframelektroden beim AC-Schweißen in der Regel um das 2-3-fache, was sie in der industriellen Fertigung wirtschaftlicher macht.

4.3 Brennbeständigkeit und Verschmutzungsschutz der Zirkonium-Wolfram-Elektrode

Die Abbrandbeständigkeit ist die Fähigkeit von Zirkonium-Wolfram-Elektroden, dem Schmelzen oder Verlust der Spitze in einer Umgebung mit hohen Temperaturen zu widerstehen. Die Zirkonium-Wolfram-Elektrode verbessert die Ausbrennfestigkeit durch die Dotierung mit Zirkonoxid erheblich. Zirkonoxidpartikel bilden in der Wolframmatrix eine stabile dispergierte Phase, die die Verflüchtigungs- und Oxidationsreaktionen von Wolfram bei hohen Temperaturen (Bildung flüchtiger Oxide wie WO_3) wirksam hemmen kann. Dieser Schutzmechanismus ermöglicht es der Zirkonium-Wolframelektrode, ihre Spitzenform in einer Lichtbogenumgebung über 6000 °C beizubehalten, wodurch das Ausbrennen und Schmelzen reduziert wird.

WZ8-Elektroden sind widerstandsfähiger gegen Durchbrennen als WZ3, da ihr höherer Zirkonoxidgehalt eine dichtere Schutzschicht bildet. Beim Hochstrom-Wechselstromschweißen kann die Ausbrennrate der Spitze der WZ8-Elektrode auf 1/3 der einer reinen Wolframelektrode reduziert werden, wodurch die Lebensdauer der Elektrode erheblich verlängert wird. Die WZ3-Elektrode bietet auch eine gute Durchbrennfestigkeit bei moderaten Strömen, aber ein längerer Betrieb mit hohem Strom kann zu leichtem Verschleiß an der Spitze führen.

Die Verschmutzungsbeständigkeit bezieht sich auf die Fähigkeit der Elektrode, der Anhaftung von Metalldämpfen, Oxiden oder anderen Verunreinigungen während des Schweißprozesses zu widerstehen. Beim Schweißen von Aluminiumlegierungen neigen Aluminiumoxide (Al_2O_3) und andere Verunreinigungen dazu, an der Elektrodenspitze zu haften, was zu Lichtbogeninstabilität oder Zündschwierigkeiten führt. Die Antifouling-Fähigkeit von Zirkonium-Wolfram-Elektroden beruht auf der chemischen Stabilität von Zirkonoxid, und seine Oberfläche ist nicht anfällig für chemische Reaktionen mit Aluminiumoxiden oder anderen Verunreinigungen. Darüber hinaus haben Zirkonium-Wolframelektroden eine höhere Oberflächengüte, die oft durch Präzisionspolieren erreicht wird, wodurch die Wahrscheinlichkeit einer Anhaftung von Verunreinigungen weiter verringert wird.

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

In der Praxis überzeugt die Zirkonium-Wolfram-Elektrode durch ihre Beständigkeit gegen Verschmutzung in komplexen Schweißumgebungen. In Umgebungen mit hoher Luftfeuchtigkeit oder sauerstoffreichem Sauerstoffgehalt können Zirkonium-Wolframelektroden beispielsweise eine stabile Lichtbogenleistung aufrechterhalten und Schweißfehler reduzieren, die durch Verunreinigungen verursacht werden. Im Vergleich zu Thorium-Wolfram-Elektroden sind Zirkonium-Wolfram-Elektroden nicht radioaktiv, umweltfreundlicher und ihre Anti-Pollution-Fähigkeit ist besser als Cer-Wolfram- und Lanthan-Wolfram-Elektroden beim Wechselstromschweißen.

4.4 Leistung der Zirkonium-Wolframelektrode in verschiedenen Schweißumgebungen

Die Leistung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden in verschiedenen Schweißumgebungen variiert je nach Art des Stroms (DC oder AC), dem Lötmaterial und den Prozessbedingungen. Im Folgenden wird ihre Leistung beim Gleichstrom- (DC) und Wechselstromschweißen (AC) analysiert.

4.4.1 Gleichstromlöten (DC)

Beim Gleichstromschweißen (DC) wird die Zirkonium-Wolfram-Elektrode typischerweise als negative Elektrode (DCEN, Direct Current Electrode Anode) verwendet, wobei ein Lichtbogen Elektronen an das Werkstück abgibt. Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden beim Gleichstromschweißen relativ selten eingesetzt, da ihr Hauptvorteil beim Wechselstromschweißen liegt. Zirkonium-Wolfram-Elektroden können jedoch immer noch eine Rolle in bestimmten Gleichstromschweißszenarien spielen, wie z. B. beim Niedrigstromschweißen oder beim Schweißen von Speziallegierungen.

Lichtbogenstabilität: Beim Gleichstromschweißen ist die Lichtbogenstabilität von Zirkonium-Wolfram-Elektroden etwas schlechter als von Thorium-Wolfram- oder Lanthan-Wolfram-Elektroden, aber besser als von reinen Wolfram-Elektroden. Seine Zirkonoxid-Dotierung hält den Lichtbogen relativ konzentriert und eignet sich zum Schweißen von dünnen Blechen aus Edelstahl oder Magnesiumlegierungen.

Zündleistung: Zirkonium-Wolfram-Elektroden haben eine gute Zündleistung beim Gleichstromschweißen, sind aber bei niedrigen Strömen nicht so hervorragend wie Cer-Wolfram- oder Lanthan-Wolfram-Elektroden.

Ausbrennfestigkeit: Beim Gleichstromschweißen ist die Temperatur der Elektrodenspitze niedrig, und die Ausbrennbeständigkeit der Zirkoniumwolframelektrode ist ausreichend, um die Anforderungen zu erfüllen, und hat eine lange Lebensdauer.

Anwendungsszenarien: Die Anwendung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden beim Gleichstromschweißen konzentriert sich hauptsächlich auf Szenarien, die empfindlich auf Elektrodenverunreinigungen reagieren, wie z. B. bei der Herstellung medizinischer Geräte oder beim Schweißen von Edelstahl in Lebensmittelqualität.

Insgesamt schneiden Zirkonium-Wolfram-Elektroden beim Gleichstromschweißen nicht so gut ab wie Thorium-Wolfram- oder Lanthan-Wolfram-Elektroden, aber ihre Nicht-Radioaktivität und ihre Beständigkeit gegen Kontamination machen sie in bestimmten Szenarien wettbewerbsfähig.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

CTIA GROUP LTD

Zirconium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Zirconium Tungsten Electrode

Zirconium tungsten electrode is a non-radioactive welding electrode made by doping a small amount of zirconium oxide (ZrO₂) into a high-purity tungsten base. It is specifically optimized for AC TIG (Tungsten Inert Gas) welding. Its excellent arc stability and outstanding resistance to contamination make it the preferred choice for welding aluminum, magnesium, and their alloys.

2. Types of Zirconium Tungsten Electrode

Grade	Tip Color	ZrO ₂ Content (wt.%)	Characteristics & Applications
WZ3	Brown	0.2 - 0.4	Ideal for low to medium intensity AC welding; cost-effective
WZ38	White	0.7 - 0.9	Industry-standard grade with excellent overall performance

3. Standard Sizes & Packaging of Zirconium Tungsten Electrode

Diameter (mm)	Length (mm)	Regular Coloring	Packing:
1.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10 pcs/box
1.6	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.4	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
3.2	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
4.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
Remark	The sizes can be customized		

4. Applications of Zirconium Tungsten Electrode

- Welding of aluminum and aluminum alloys: such as doors, windows, frames, and automotive body structures
- Welding of magnesium and magnesium alloys: widely used in aerospace lightweight components
- AC welding of stainless steel (under specific low-current conditions)
- Precision welding in aerospace, rail transit, pressure vessels, etc.
- Used in automated welding systems and robotic torch assemblies

5. Procurement Information

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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

4.4.2 AC-Schweißen (AC)

Das AC-Schweißen ist das Hauptanwendungsgebiet von Zirkonium-Wolfram-Elektroden, insbesondere beim Schweißen von Leichtmetallen wie Aluminium und Magnesium. Beim AC-Schweißen wechselt die Elektrode zwischen den positiven und negativen Halbkreisen als Kathoden und Anoden, wodurch es zu großen Temperaturschwankungen an der Elektrodenspitze kommt, was eine hohe thermische Stabilität und Ausbrennfestigkeit der Elektroden erfordert.

Lichtbogenstabilität: Zirkonium-Wolframelektroden weisen beim Wechselstromschweißen eine hervorragende Lichtbogenstabilität auf, mit konzentrierten Lichtbögen und geringer Drift. Die WZ8-Elektrode kann bei hohem Strom (150–400 A) einen stabilen konischen Lichtbogen bilden, der für das Schweißen von dicken Aluminiumlegierungen geeignet ist. Die WZ3-Elektrode ist für mittlere Ströme (50–150 A) geeignet und wird für das Blechschweißen eingesetzt.

Zündleistung: Zirkonium-Wolframelektroden haben eine hervorragende Zündleistung beim Wechselstromschweißen, insbesondere bei hochfrequenten Wechselstromlichtbögen, die den Lichtbogen schnell starten und Zündausfälle reduzieren können.

Brennwiderstandsfähigkeit: Beim Wechselstromschweißen ist die Brennbeständigkeit der Zirkonium-Wolframelektrode deutlich besser als die der reinen Wolframelektrode. WZ8-Elektroden behalten die Spitzenform bei und verlängern die Lebensdauer unter hohen Frequenz- und Hochstrombedingungen.

Anwendungsszenarien: Zirkonium-Wolframelektroden werden häufig in der Luft- und Raumfahrt (z. B. beim Schweißen von Flugzeugrupfen), in der Automobilherstellung (z. B. Karosserien aus Aluminiumlegierungen) und in der Schiffbauindustrie (z. B. Rumpfe aus Aluminiumlegierungen) eingesetzt. Seine hervorragenden Eigenschaften beim Wechselstromschweißen machen es zur bevorzugten Elektrode für das Schweißen von Aluminiumlegierungen.

Die Vorteile der Zirkonium-Wolfram-Elektrode beim Wechselstromschweißen sind auch auf die aktuelle Wellenformregelungstechnik moderner Schweißgeräte zurückzuführen. So kann beispielsweise mit Rechteck-Wechselstrom das positive und negative Halbumpfangsschalten des Lichtbogens in Kombination mit der hohen Leistungsfähigkeit von Zirkonium-Wolfram-Elektroden optimiert werden, um die Schweißqualität weiter zu verbessern.

4.5 Thermodynamische Eigenschaften von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Die thermodynamischen Eigenschaften von Zirkonium-Wolfram-Elektroden sind die Grundlage für die Aufrechterhaltung einer stabilen Leistung in Hochtemperatur-Lichtbogenumgebungen, hauptsächlich einschließlich der Wärmekapazität, des Wärmeausdehnungskoeffizienten, der Wärmeleitfähigkeit und anderer Indikatoren. Seine thermodynamischen Eigenschaften werden im Folgenden im Detail analysiert:

Wärmekapazität: Die spezifische Wärmekapazität der Zirkonium-Wolfram-Elektrode beträgt etwa 0,13 J/(g·K) (in der Nähe von reinem Wolfram), der in der Lage ist, Wärme bei hohen Temperaturen

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

aufzunehmen und zu speichern, wodurch eine Überhitzung der Spitze reduziert wird. Durch die Dotierung von Zirkonoxid wird die Wärmekapazität der Elektrode leicht erhöht, so dass sie Temperaturschwankungen in hochfrequenten Wechselstrombögen besser bewältigen kann.

Wärmeausdehnungskoeffizient: Der Wärmeausdehnungskoeffizient von Zirkonium-Wolframelektroden beträgt etwa $4,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (nahe an reinem Wolfram), und der niedrigere Wärmeausdehnungskoeffizient verformt sich bei hohen Temperaturen weniger, wodurch die Stabilität der Spitzengeometrie erhalten bleibt. Durch die Zugabe von Zirkonoxid wird der Wärmeausdehnungskoeffizient weiter reduziert und die Temperaturwechselbeständigkeit der Elektrode erhöht.

Wärmeleitfähigkeit: Die Wärmeleitfähigkeit von Zirkonium-Wolframelektroden beträgt etwa $173 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (bei Raumtemperatur), wodurch Wärme schnell von der Elektrodenspitze zu anderen Teilen geleitet werden kann, um eine lokale Überhitzung zu verhindern. Die WZ8-Elektrode hat aufgrund ihrer dichteren Mikrostruktur eine etwas bessere Wärmeleitfähigkeit als die WZ3, was dazu beiträgt, niedrigere Spitzentemperaturen beim Hochstromlöten aufrechtzuerhalten.

Thermische Stabilität: Der hohe Schmelzpunkt von Zirkonium-Wolfram-Elektroden (ca. $3422 \text{ }^\circ\text{C}$) ermöglicht es ihnen, ihre strukturelle Integrität in Lichtbogenumgebungen über $6000 \text{ }^\circ\text{C}$ zu erhalten. Zirkonoxidpartikel verbessern die thermische Stabilität der Elektrode, indem sie das Kornwachstum und die Verformung bei hohen Temperaturen hemmen.

Diese thermodynamischen Eigenschaften ermöglichen es Zirkonium-Wolfram-Elektroden, unter extremen Bedingungen wie hohen Strömen und längerem Schweißen eine stabile Leistung aufrechtzuerhalten, wodurch Ausbrand und Verformung reduziert und ihre Lebensdauer verlängert wird.

4.6 Gefügeanalyse von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Die Mikrostruktur von Zirkonium-Wolfram-Elektroden hat einen erheblichen Einfluss auf ihre Leistung und wird in der Regel mit Techniken wie Rasterelektronenmikroskopie (REM), Röntgenbeugung (XRD) und Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) analysiert. Die Mikrostruktur der Zirkonium-Wolframelektrode umfasst hauptsächlich die Verteilungseigenschaften von Wolframmatrix- und Zirkonoxidpartikeln.

Wolframmatrix: Die Wolframmatrix von Zirkonium-Wolframelektroden ist eine körperzentrierte kubische (BCC) Kristallstruktur mit Korngrößen im typischen Bereich von 10 bis $50 \text{ }\mu\text{m}$. Die hohe Reinheit des Wolframs (mehr als $99,5\%$) sorgt für die Kompaktheit und mechanische Festigkeit der Matrix.

Zirkonoxid-Partikel: Zirkonoxid ist in der Wolframmatrix als winzige Partikel ($0,1$ – $1 \text{ }\mu\text{m}$ Durchmesser) gleichmäßig verteilt, und WZ8 hat eine höhere Partikeldichte als WZ3. Zirkonoxidpartikel hemmen durch den Pinning-Effekt das Wachstum von Wolframkörnern bei hohen Temperaturen, wodurch die thermische Stabilität und die mechanischen Eigenschaften der

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

Elektrode verbessert werden.

Grenzflächeneigenschaften: Die Grenzfläche zwischen Zirkonoxid- und Wolframmatrix ist fest verklebt, ohne offensichtliche Poren oder Risse. Diese gute Grenzflächenbindung verbessert die Widerstandsfähigkeit der Elektrode gegen Temperaturschock und Durchbrennen.

Mikroskopische Defekte: Die Porosität von hochwertigen Zirkonium-Wolfram-Elektroden beträgt weniger als 0,5 % im Gefüge, und der Gehalt an Verunreinigungsphasen (wie Oxide oder Karbide) ist sehr gering. Sinter- und Wärmebehandlungsprozesse während der Produktion sind unerlässlich, um mikroskopisch kleine Defekte zu reduzieren.

Die Gefügeanalyse zeigte, dass die WZ8-Elektrode eine gleichmäßigere Verteilung der Zirkonoxidpartikel und eine kleinere Korngröße (ca. 10–20 µm) aufwies, was ihr eine höhere Stabilität beim Hochstromschweißen verleiht. Die WZ3-Elektrode hat eine etwas größere Korngröße (ca. 20–50 µm) und ist für Szenarien mit mittlerem Strom geeignet. Die Optimierung der Mikrostruktur ist der Schlüssel zur Verbesserung der Leistung von Zirkonium-Wolframelektroden, und moderne Produktionstechniken verbessern die Gleichmäßigkeit und Dichte der Struktur durch die Steuerung der Dotierungs- und Sinterprozesse weiter.

4.7 Zhongtungsten Intelligent Manufacturing Zirkonium-Wolframelektrode Sicherheitsdatenblatt

Das Sicherheitsdatenblatt (MSDS) enthält Sicherheitshinweise für die Verwendung, Lagerung und Handhabung von Zirkonium-Wolframelektroden. Im Folgenden finden Sie eine Zusammenfassung des Sicherheitsdatenblatts für Zirkonium-Wolfram-Elektroden von China Tungsten Intelligent Manufacturing, basierend auf Industriestandards und gemeinsamen Spezifikationen:

Produktname: Zirkonium-Wolframelektrode (WZ3, WZ8)

Chemische Zusammensetzung: Wolfram (W, mehr als 99,5 %), Zirkonoxid (ZrO₂, 0,15 %–0,9 %), Spurenverunreinigungen (Fe, Si, C usw., <0,05 %).

Aggregatzustand: massiver Metallstab, Durchmesser 1,0–6,4 mm, Länge 150–300 mm.

Identifizierung von Gefahren:

Zirkonium-Wolfram-Elektroden gehen von keiner nennenswerten Gesundheitsgefährdung aus und sind bei normalem Gebrauch nicht radioaktiv.

Während des Schweißvorgangs können Metaldampf, Ozon und ultraviolette Strahlen entstehen, und es sollte Schutzausrüstung (wie Schweißmasken, Handschuhe) getragen werden.

Beim Schleifen von Elektroden kann Wolframstaub entstehen, und es sind Beatmungsgeräte und Atemschutzgeräte erforderlich.

Erste-Hilfe-Maßnahmen:

Staub einatmen: Begeben Sie sich in einen belüfteten Bereich und suchen Sie bei Bedarf einen Arzt auf.

Hautkontakt: keine besonderen Gefahren, nur waschen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Blickkontakt: Wenn Staub in die Augen gelangt, spülen Sie ihn mit Wasser aus und suchen Sie einen Arzt auf.

Brandschutzmaßnahmen: Zirkonium-Wolfram-Elektrode ist nicht brennbar, verwenden Sie Trockenpulver oder Kohlendioxid-Feuerlöscher, um mit umliegenden Bränden fertig zu werden.

Handhabung und Lagerung:

In einer trockenen, belüfteten Umgebung vor Feuchtigkeit oder Hitze geschützt lagern.

Nach Gebrauch sollte die Elektrodenabfälle recycelt und als Metallabfall entsorgt werden, um eine zufällige Entsorgung zu vermeiden.

Persönlicher Schutz: Verwenden Sie beim Schweißen Schutzmasken, Handschuhe und Belüftungsgeräte; Tragen Sie beim Schleifen eine Staubmaske und eine Schutzbrille.

Auswirkungen auf die Umwelt: Zirkonium-Wolframelektroden gehen von keinen nennenswerten Umweltgefahren aus, und ihre Herstellung und Entsorgung muss den Umweltvorschriften entsprechen.

Versandinformationen: Ungefährliche Güter, vermeiden Sie mechanische Beschädigungen und Feuchtigkeit während des Transports.

Das Zirkonium-Wolframelektroden-Sicherheitsdatenblatt von China Tungsten Intelligent Manufacturing entspricht internationalen Standards (wie OSHA, REACH), um sicherzustellen, dass die Benutzer während des Betriebs sicher und konform sind. Das tatsächliche Sicherheitsdatenblatt kann je nach Hersteller und regionalen Vorschriften leicht variieren, und es wird empfohlen, dass sich die Benutzer auf die vom Anbieter bereitgestellte Version beziehen.

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



Kapitel 5 Herstellung und Herstellungsprozess von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Der präparative Herstellungsprozess von Zirkonium-Wolfram-Elektroden ist ein komplexer und hochpräziser Prozess, der mehrere Schritte von der Rohstoffauswahl bis zur Verarbeitung des fertigen Produkts umfasst. Die hohe Leistungsfähigkeit von Zirkonium-Wolfram-Elektroden hängt von der Qualität des Rohmaterials, der Gleichmäßigkeit der Dotierung, der Mikrostrukturkontrolle und der Optimierung der Verarbeitungsprozesse ab. Dieses Kapitel beschreibt den Herstellungs- und Produktionsprozess von Zirkonium-Wolfram-Elektroden und umfasst die Rohstoffaufbereitung, den pulvermetallurgischen Prozess, die Formtechnik, die Oberflächenbehandlung und das Polieren sowie die Qualitätskontrolle und Prozessoptimierung.

5.1 Aufbereitung von Rohstoffen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Die Vorbereitung des Rohmaterials ist für die Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden von grundlegender Bedeutung und wirkt sich direkt auf die chemische Zusammensetzung, die Mikrostruktur und die endgültigen Eigenschaften aus. Zu den Hauptrohstoffen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden gehören hochreines Wolframpulver und Zirkonoxid (ZrO_2)-Verbindungen, die streng ausgewählt und vorbehandelt werden müssen, um sicherzustellen, dass sie den Produktionsanforderungen entsprechen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

5.1.1 Auswahl von Wolframpulver und Zirkoniumverbindungen

Auswahl an Wolframpulver

Wolframpulver ist der Hauptrohstoff für Zirkonium-Wolfram-Elektroden, die in der Regel aus Wolframaten (wie Ammoniumparawolframat, APT) durch ein Reduktionsverfahren hergestellt werden. Die Reinheit von Wolframpulver ist extrem hoch und erreicht in der Regel mehr als 99,95 % (3N5-Klasse oder höher), um die Auswirkungen von Verunreinigungen (wie Eisen, Silikon, Kohlenstoff, Sauerstoff) auf die Elektrodenleistung zu reduzieren. Die Partikelgrößenverteilung von Wolframpulver ist entscheidend für nachfolgende Prozesse, mit gängigen Partikelgrößen von 1 bis 10 µm und einer durchschnittlichen Partikelgröße von etwa 3 bis 5 µm. Die Größe der feinen Partikel trägt zur Verbesserung der Sinterleistung von Pulvern und der Dichte der Elektroden bei, aber zu feine Partikel können die Schwierigkeit beim Mahlen und die Produktionskosten erhöhen.

Die Morphologie von Wolframpulver muss ebenfalls streng kontrolliert werden, und kugelförmige oder nahezu kugelförmige Partikel werden bevorzugt, da sie eine bessere Fließfähigkeit und Schüttdichte aufweisen, was dem Misch- und Pressprozess förderlich ist. In der modernen Produktion wird Wolframpulver in der Regel durch Wasserstoffreduktion oder Plasma-Sphäroidisierung hergestellt, um eine gleichmäßige Morphologie und einen geringen Verunreinigungsgehalt zu gewährleisten.

Auswahl an Zirkonoxidverbindungen

Zirkonoxid (ZrO_2) wird als Dotierungsmittel für Zirkonoxid-Wolframelektroden verwendet, die in der Regel als hochreines Pulver oder Lösung zugesetzt werden. Die Reinheit von Zirkonoxid muss mehr als 99,9 % erreichen, um Verunreinigungen zu vermeiden, die die Elektronenemissionsleistung der Elektrode beeinträchtigen. Die Partikelgröße von Zirkonoxidpartikeln liegt in der Regel im Bereich von 0,1 bis 1 µm, und nanoskaliges Zirkonoxid (<100 nm) wird in der High-End-Elektrodenproduktion immer beliebter, da es gleichmäßiger in der Wolframmatrix verteilt werden kann und die mikrostrukturelle Stabilität der Elektrode verbessert.

Bei der Wahl des Zirkonoxids muss auch die Kristallstruktur berücksichtigt werden, in der Regel monoklines ZrO_2 oder teilweise stabilisiertes Zirkonoxid (PSZ, dotiert mit einer kleinen Menge Magnesiumoxid oder Yttriumoxid). Monoklines Zirkonoxid hat eine gute Stabilität beim Hochtemperaturesintern, das für die Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden geeignet ist. Das Zugabeverhältnis von Zirkonoxid wird je nach Elektrodenqualität (z. B. WZ3, WZ8) genau gesteuert, in der Regel 0,15 % bis 0,9 % (Gewichtsprozent).

5.1.2 Reinheit und Vorbehandlung der Rohstoffe

Reinheit des Rohmaterials: Die Reinheit des Rohmaterials wirkt sich direkt auf die Leistung der Zirkonium-Wolframelektrode aus. Verunreinigungen in Wolframpulver (z. B. Eisen < 0,005 %, Silizium < 0,003 %, Kohlenstoff < 0,005 %) werden durch chemische Analysen (z. B. ICP-MS, Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma) streng nachgewiesen. Verunreinigungen in Zirkonoxid (wie Aluminiumoxid, Siliziumoxid) sollten ebenfalls unter 0,01 % kontrolliert werden, um die chemische Stabilität und Lichtbogenleistung der Elektrode zu gewährleisten.

Die Auswahl hochreiner Rohstoffe sollte mit Lieferantenqualifikationen und Produktionsprozessen

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

kombiniert werden. Zum Beispiel müssen Hersteller von Wolframpulver über fortschrittliche Reduktions- und Reinigungsanlagen verfügen, während Zirkonoxid durch chemische Fällung oder Sol-Gel-Methoden hergestellt werden muss, um eine hohe Reinheit und gleichmäßige Partikelmorphologie zu gewährleisten.

Die Vorbehandlung von Rohstoffen umfasst Schritte wie Reinigen, Trocknen und Sieben, um Oberflächenverunreinigungen zu entfernen, die Partikelgrößenverteilung anzupassen und die Gleichmäßigkeit der Rohstoffe zu verbessern. Wolframpulver wird in der Regel gebeizt (z. B. verdünnte Salzsäure oder Salpetersäurelösung), um Oberflächenoxide und organische Rückstände zu entfernen, gefolgt von einem Trocknen in einem Vakuum oder Inertgas (z. B. Argon), um eine Oxidation zu verhindern. Zirkonoxidpulver muss durch Ultraschallreinigung oder Hochtemperaturkalzinierung gereinigt werden, um adsorbierte Feuchtigkeit und flüchtige Verunreinigungen zu entfernen.

Das Screening ist ein wichtiger Schritt in der Vorbehandlung, um die Partikelgrößenverteilung von Wolframpulver und Zirkonoxid zu kontrollieren. Vibrationssiebe oder Luftstromsichter werden häufig verwendet, um die Partikelgröße innerhalb des Zielbereichs (3–5 µm für Wolframpulver, 0,1–1 µm für Zirkonoxid) zu kontrollieren. Darüber hinaus können einige High-End-Produktionsprozesse die Kugelmahl- oder Sprühtrocknungstechnologie verwenden, um die Morphologie und den Fluss der Rohstoffe weiter zu optimieren.

5.2 Pulvermetallurgischer Prozess der Zirkonium-Wolfram-Elektrode

Die Pulvermetallurgie ist der Kernprozess der Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden, bei dem Wolframpulver und Zirkonoxid durch Schritte wie Mischen, Pressen und Sintern in dichte Elektrodenrohlinge umgewandelt werden. Die präzise Steuerung pulvermetallurgischer Prozesse ist entscheidend für die Mikrostruktur und Leistung von Elektroden.

5.2.1 Mischen und Mahlen

mischen

Mischen ist der Prozess der gleichmäßigen Kombination von Wolframpulver mit Zirkonoxidpulver, mit dem Ziel, eine gleichmäßige Verteilung der Zirkonoxidpartikel in der Wolframmatrix zu gewährleisten. Das Mischen erfolgt in der Regel im Trocken- oder Nassmischverfahren:

Trockenmischen: Mit einem Hochgeschwindigkeitsmischer oder V-Mischer erfolgt das Mischen unter dem Schutz von Inertgasen wie Argon. Die Mischzeit beträgt in der Regel 2-4 Stunden, um eine Pulveragglomeration und das Einbringen von Verunreinigungen zu vermeiden.

Nassmischen: Wolframpulver und Zirkonoxid werden in einem flüssigen Medium (z. B. Ethanol oder deionisiertes Wasser) dispergiert, um eine gleichmäßige Durchmischung durch Rühren oder Ultraschalldispersieren zu erreichen. Nach dem Nassmischen muss das flüssige Medium durch Sprühtrocknung oder Vakuumtrocknung entfernt werden.

Der Mischprozess erfordert eine präzise Steuerung des Zirkonoxidverhältnisses (z. B. 0,3 % für

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

WZ3 und 0,8 % für WZ8) und wird in der Regel mit hochpräzisen elektronischen Waagen gewogen. In der modernen Produktion können automatisierte Mischanlagen, wie z. B. Planetenmischer, die Gleichmäßigkeit der Mischung verbessern und menschliche Fehler reduzieren.

mahlen

Das Mahlen wird verwendet, um Pulverpartikel weiter zu verfeinern und so die Partikelgrößenverteilung und -morphologie zu optimieren. Zu den häufig verwendeten Geräten gehören Kugelmøhlen oder Luftstrommøhlen, und Mahlkörper (wie Zirkonoxidkugeln oder Wolframkugeln) erfordern eine Auswahl an Materialien mit hoher Härte und geringer Kontamination. Die Mahlzeit beträgt in der Regel 4–8 Stunden, und die Temperatur (<50 °C) muss kontrolliert werden, um eine Pulveroxidation zu verhindern. Das gemahlene Pulver wird erneut gesiebt, um eine gleichmäßige Partikelgröße zu gewährleisten (2–5 µm für Wolframpulver, 0,1–0,5 µm für Zirkonoxid).

Das Mahlen von nanoskaligem Zirkonoxid erfordert hochenergetisches Kugelmahlen oder ultrafeine Mahltechniken, um einen gleichmäßigeren Dotierungseffekt zu erzielen. Während des Mahlprozesses sollten der Sauerstoffgehalt und der Verunreinigungsgehalt des Pulvers überwacht werden, um eine Verschlechterung der Leistung zu vermeiden.

5.2.2 Pressen

Pressen ist der Prozess des Pressens von gemischtem Pulver in Elektrodenrohlinge, typischerweise unter Verwendung von kaltisostatischem Pressen (CIP) oder Formverfahren. Der Zweck des Pressens besteht darin, einen Knüppel mit einer bestimmten Festigkeit und Dichte zu formen, die das anschließende Sintern erleichtert.

Kaltisostatisches Pressen (CIP): Das gemischte Pulver wird in eine flexible Form geladen und unter hohem Druck (100–200 MPa) gleichmäßig durch ein flüssiges Medium (z. B. Wasser oder Öl) gepresst, um einen dichten Rohling zu bilden. Das CIP-Verfahren kann die Porosität und Spannungskonzentration im Knüppel reduzieren und die Gleichmäßigkeit der Elektrode nach dem Sintern verbessern.

Formen: Das Pulver wird mit starren Formen und hydraulischen Pressen zu zylindrischen Rohlingen gepresst, die für die Kleinserienproduktion geeignet sind. Der Formprozess erfordert eine präzise Steuerung des Drucks (50–100 MPa) und der Haltezeit (10–30 Sekunden), um Risse im Knüppel zu vermeiden.

Während des Pressvorgangs muss die Schüttdichte des Pulvers (in der Regel 50 % bis 60 % theoretische Dichte) kontrolliert und eine Kontamination der Form vermieden werden. Der Durchmesser des gepressten Knüppels beträgt im Allgemeinen 10–20 mm und die Länge 100–300 mm, und die spezifische Größe wird entsprechend den nachfolgenden Verarbeitungsanforderungen bestimmt.

5.2.3 Sinterprozess

Beim Sintern werden gepresste Knüppel auf hohe Temperaturen erhitzt, um Pulverpartikel zu einem

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

dichten Material zu binden. Beim Sintern von Zirkonium-Wolfram-Elektroden wird in der Regel das Hochtemperatur-Vakuumsintern oder das Wasserstoff-Schutzsintern verwendet, um die hohe Dichte und den geringen Verunreinigungsgehalt der Elektroden zu gewährleisten.

Sinteranlagen: häufig verwendete Hochtemperatur-Vakuum-Sinteröfen oder Wasserstoff-Sinteröfen mit einem Temperaturbereich von 1800–2200 °C. Beim Vakuumsintern werden Sauerstoff und flüchtige Verunreinigungen effektiv aus dem Knüppel entfernt, während beim Wasserstoffsintern die Wolframoxidation verhindert wird, indem die Atmosphäre reduziert wird.

Parameter des Sinterprozesses:

Temperatur: Die Sintertemperatur muss genau geregelt werden, in der Regel in Stufen: 1000 °C Vorsintern, um flüchtige Bestandteile zu entfernen, 1800–2000 °C Hauptsintern, um die Partikelbindung zu fördern, 2200 °C Hochtemperaturkonservierung, um die Kristallstruktur zu optimieren.

Zeit: Die Gesamtsinterzeit beträgt 4–8 Stunden, die Haltezeit 1–2 Stunden.

Atmosphäre: Vakuum 10^{-3} Pa oder hochreiner Wasserstoff (Reinheit > 99,999%).

Sintereffekt: Die Sinterdichte einer hochwertigen Zirkonium-Wolframelektrode kann eine theoretische Dichte von 95 % bis 98 % erreichen, und die Porosität beträgt weniger als 0,5 %. Die Zirkonoxidpartikel werden während des Sinterprozesses gleichmäßig verteilt, wodurch das Wachstum von Wolframkörnern gehemmt und die thermische Stabilität und die mechanischen Eigenschaften der Elektrode verbessert werden.

Der gesinterte Knüppel muss durch Röntgen- oder Ultraschallprüfung auf innere Fehler überprüft werden, um sicherzustellen, dass keine Risse oder Poren vorhanden sind. Die Optimierung des Sinterprozesses ist der Schlüssel zur Verbesserung der Leistung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden, und in der modernen Produktion werden häufig Computersteuerungssysteme eingesetzt, um die Temperatur und Atmosphäre genau einzustellen.

5.3 Formtechnologie der Zirkonium-Wolfram-Elektrode

Der gesinterte Knüppel muss durch Formtechnologie, einschließlich Schritten wie Ziehen, Extrudieren, Wärmebehandlung und Glühen, zu Elektrodenstäben verarbeitet werden, die den Spezifikationen entsprechen, um die gewünschte Größe, Form und Leistung zu erreichen.

5.3.1 Zeichnen und Extrudieren

Zeichnung

Beim Ziehen wird der gesinterte Rohling nach und nach durch eine Reihe von Formen gedehnt, um einen schlanken Elektrodenstab herzustellen. Die Ziehhausrüstung umfasst eine Mehrgang-Ziehmaschine, und das Formmaterial ist in der Regel Hartmetall oder Diamant, um der hohen Härte von Wolfram standzuhalten. Die folgenden Parameter müssen während des Ziehvorgangs kontrolliert werden:

Auszugsgeschwindigkeit: 0,1–1 m/min, zu schnell kann zu Oberflächenfehlern führen.

Schmiermittel: Verwenden Sie Schmiermittel aus Graphit oder Molybdädisulfid, um den

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Verschleiß der Form und Kratzer auf der Elektrodenoberfläche zu reduzieren.

Durchgänge: In der Regel sind 10–20 Züge erforderlich, um den Knüppeldurchmesser von 10–20 mm auf 1,0–6,4 mm zu reduzieren.

Die Durchmessertoleranz des gezogenen Elektrodenstabes sollte innerhalb von $\pm 0,05$ mm und die Oberflächenrauheit $Ra < 0,8$ μm geregelt werden. Der Ziehprozess kann die mechanische Festigkeit und Oberflächengüte der Elektrode verbessern, aber es ist notwendig, innere Mikrorisse zu vermeiden, die durch übermäßige Dehnung verursacht werden.

Extrusion

Das Extrudieren ist eine Alternative zum Ziehen und eignet sich für die Herstellung von Elektroden mit großem Durchmesser, z. B. > 6 mm. Bei der Extrusionsanlage handelt es sich um eine hydraulische Extrusionsmaschine, und der Knüppel wird extrudiert und mit einer Matrize bei hoher Temperatur (1200–1500 °C) geformt. Der Vorteil des Extrusionsprozesses besteht darin, dass er auf einmal geformt werden kann, wodurch die Anzahl der Verarbeitungsdurchgänge reduziert wird, aber eine hohe Temperaturbeständigkeit der Geräte und Formen erforderlich ist.

5.3.2 Wärmebehandlung und Glühen

Wärmebehandlung

Die Wärmebehandlung wird eingesetzt, um innere Spannungen beim Ziehen oder Extrudieren zu beseitigen und die Kristallstruktur der Elektroden zu optimieren. Die Wärmebehandlung wird in der Regel in einem Vakuum- oder Wasserstoffschutzofen bei einer Temperatur von 1200–1600 °C und einer Haltezeit von 1–2 Stunden durchgeführt. Durch die Wärmebehandlung können die Duktilität und der Bruchwiderstand der Elektrode verbessert werden, wodurch das Risiko eines Sprödbruchs während des Gebrauchs verringert wird.

ausglühen

Das Glühen ist der nächste Schritt in der Wärmebehandlung, um die inneren Spannungen durch langsames Abkühlen (Abkühlgeschwindigkeit $< 50^\circ\text{C}/\text{h}$) weiter zu reduzieren. Der Glühprozess kann die Mikrostruktur der Elektrode verbessern, eine gleichmäßigere Verteilung der Zirkonoxidpartikel ermöglichen und die thermische Stabilität und Lichtbogenleistung der Elektrode verbessern. Die Oberfläche der geglühten Elektrode muss inspiziert werden, um sicherzustellen, dass keine Oxidation oder Rissbildung vorliegt.

5.4 Oberflächenbehandlung und Polieren von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Die Oberflächenbehandlung und das Polieren sind die letzten Schritte bei der Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden, die darauf abzielen, die Oberflächengüte und Leistungsstabilität der Elektroden zu verbessern. Die Oberflächenqualität wirkt sich direkt auf die Zündleistung und die Antikontaminationsfähigkeit der Elektrode aus.

Oberflächenbehandlung

Die Oberflächenvorbereitung umfasst das Reinigen und Entgraten, um Schmiermittel, Oxide oder Mikrokratzer zu entfernen, die vom Zieh- oder Extrusionsprozess übrig geblieben sind. Zu den

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

gängigen Methoden gehören:

Chemische Reinigung: Verwenden Sie eine verdünnte Säurelösung, z. B. 5%ige Salpetersäure oder Salzsäure, um die Elektrodenoberfläche zu reinigen und Oxide und Verunreinigungen zu entfernen.

Ultraschallreinigung: Entfernung von winzigen Partikeln und Ölflecken durch Ultraschallvibration in entionisiertem Wasser oder Ethanol.

Plasmareinigung: Verwenden Sie Niedertemperaturplasma, um die Elektrodenoberfläche zu behandeln und die Oberflächenreinheit zu verbessern.

poliert

Das Polieren wird verwendet, um das Finish der Elektrodenoberfläche zu verbessern und die Oberflächenrauheit ($Ra < 0,4 \mu\text{m}$) zu reduzieren. Zu den häufig verwendeten Poliergeräten gehören Rotationspoliermaschinen oder elektrochemische Poliergeräte, und das Poliermedium ist Aluminiumoxid oder Diamantsuspension. Der Polierprozess erfordert eine kontrollierte Geschwindigkeit und einen kontrollierten Druck, um eine Überhitzung oder Verformung der Oberfläche durch Überpolieren zu vermeiden. Die polierte Elektrodenoberfläche hat einen Spiegelglanz, der dazu beiträgt, die Anhaftung von Verunreinigungen und die Lichtbogendrift während des Schweißens zu reduzieren.

Einige High-End-Elektroden können Laserpolier- oder Ionenstrahlpoliertechniken verwenden, um nanoskalige Oberflächengüten zu erzielen, wodurch die Zündleistung und die Antikontaminationsfähigkeiten weiter verbessert werden.

5.5 Qualitätskontrolle und Prozessoptimierung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Qualitätskontrolle und Prozessoptimierung ziehen sich durch jeden Aspekt der Herstellung von Zirkonium-Wolframelektroden, um sicherzustellen, dass die chemische Zusammensetzung, Mikrostruktur und Leistung der Elektrode internationalen Standards (z. B. ISO 6848, AWS A5.12, GB/T 4187) entspricht.

Qualitätskontrolle

Rohstoffprüfung: Ermitteln Sie die chemische Zusammensetzung von Wolframpulver und Zirkonoxid durch ICP-MS, RFA (Röntgenfluoreszenzspektroskopie) und andere Methoden, um sicherzustellen, dass der Verunreinigungsgehalt unter den Standardanforderungen liegt.

Prozessüberwachung: Verwenden Sie Online-Überwachungsgeräte (z. B. Laser-Partikelgrößenanalysator, Infrarot-Thermometer), um Prozessparameter während des Mischens, Pressens, Sinterns und Formens zu steuern und die Pulverpartikelgröße, Knüppeldichte und Sintertemperatur in Echtzeit zu erfassen.

Inspektion des fertigen Produkts: Die Elektrode nach dem Sintern und Formen muss in mehreren Dimensionen getestet werden, darunter:

Chemische Zusammensetzung: Überprüfen Sie den Zirkonoxidgehalt durch spektroskopische Analyse (z. B. 0,3 % für WZ3 und 0,8 % für WZ8).

Mikrostruktur: Die Korngröße und die Zirkonoxidverteilung wurden mittels REM und XRD analysiert.

Maßtoleranzen: Elektrodendurchmesser ($\pm 0,05 \text{ mm}$) und Länge ($\pm 1 \text{ mm}$) werden mit dem Laser-

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Entfernungsmesser überprüft.

Oberflächenqualität: Der Ra-Wert ($<0,4 \mu\text{m}$) wurde mit einem Oberflächenrauheitsmessgerät gemessen.

Prozessoptimierung

Automatisierte Produktion: Verwenden Sie eine SPS (speicherprogrammierbare Steuerung) oder SCADA (Datenerfassungs- und Überwachungssystem), um die Misch-, Press- und Sinterprozesse zu steuern und so die Produktionskonsistenz und -effizienz zu verbessern.

Umweltfreundliche Fertigung: Optimierung des Sinterprozesses, um den Energieverbrauch und die Abgasemissionen zu reduzieren; Recycling von Abfallstoffen (wie Wolframpulver und Zirkonoxid) zur Verbesserung der Rohstoffausnutzung.

Intelligente Technologie: Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen werden eingeführt, um Prozessparameter zu optimieren, wie z. B. die Vorhersage der optimalen Sintertemperatur und Ziehgeschwindigkeit durch Datenanalyse, die Verbesserung der Elektrodenleistung und der Produktionsausbeute.

Nanotechnologie: Nanoskalige Zirkonoxidpartikel und fortschrittliche Dotierungstechniken (z. B. Sol-Gel-Methode) werden verwendet, um die mikrostrukturelle Gleichmäßigkeit und Leistungsstabilität von Elektroden zu verbessern.

Die Kombination aus Qualitätskontrolle und Prozessoptimierung gewährleistet die hohe Leistung und Konsistenz von Zirkonium-Wolfram-Elektroden und erfüllt die Anforderungen von Anwendungen in sehr anspruchsvollen Bereichen wie der Luft- und Raumfahrt und der Nuklearindustrie. Moderne Produktionsunternehmen haben auch die Zertifizierung des Qualitätsmanagementsystems ISO 9001 bestanden, um den Produktionsprozess weiter zu standardisieren.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung



Kapitel 6 Produktionstechnik von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Die Produktionstechnologie der Zirkonium-Wolfram-Elektrode ist der Schlüssel zu ihrer hohen Leistung und hohen Konsistenz, einschließlich Dotierungstechnologie, Hochtemperaturesintern, Präzisionsbearbeitung, Automatisierung und intelligenter Produktion, umweltfreundlicher Fertigung und Lösungen für Produktionsprobleme. Als Kernmaterial bei der Wolfram-Inertgasabschirmung (WIG-Schweißen) und beim Plasmaschneiden müssen Zirkonium-Wolframelektroden die Leistungsoptimierung, die Kostenkontrolle und die Anforderungen des Umweltschutzes berücksichtigen. In diesem Kapitel werden die verschiedenen Aspekte der Technologie zur Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden detailliert beleuchtet und ihre Verfahrensprinzipien, Schlüsseltechnologien und neuesten Entwicklungen analysiert.

6.1 Dotierungstechnologie der Zirkonium-Wolfram-Elektrode

Die Dotierungstechnologie ist ein zentraler Bestandteil der Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden, die die Lichtbogenstabilität, das Zündverhalten und die Ausbrennfestigkeit der Elektrode durch die Zugabe von Zirkonoxid (ZrO_2) zur hochreinen Wolframmatrix erheblich verbessert. Das Ziel der Dotierungstechnologie ist es, eine gleichmäßige Verteilung von Zirkonoxid in der Wolframmatrix zu erreichen und gleichzeitig sicherzustellen, dass die chemische Zusammensetzung der Elektrode internationalen Standards (z. B. ISO 6848 und AWS A5.12) entspricht.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

CTIA GROUP LTD

Zirconium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Zirconium Tungsten Electrode

Zirconium tungsten electrode is a non-radioactive welding electrode made by doping a small amount of zirconium oxide (ZrO₂) into a high-purity tungsten base. It is specifically optimized for AC TIG (Tungsten Inert Gas) welding. Its excellent arc stability and outstanding resistance to contamination make it the preferred choice for welding aluminum, magnesium, and their alloys.

2. Types of Zirconium Tungsten Electrode

Grade	Tip Color	ZrO ₂ Content (wt.%)	Characteristics & Applications
WZ3	Brown	0.2 - 0.4	Ideal for low to medium intensity AC welding; cost-effective
WZ38	White	0.7 - 0.9	Industry-standard grade with excellent overall performance

3. Standard Sizes & Packaging of Zirconium Tungsten Electrode

Diameter (mm)	Length (mm)	Regular Coloring	Packing:
1.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10 pcs/box
1.6	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.4	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
3.2	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
4.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
Remark	The sizes can be customized		

4. Applications of Zirconium Tungsten Electrode

- Welding of aluminum and aluminum alloys: such as doors, windows, frames, and automotive body structures
- Welding of magnesium and magnesium alloys: widely used in aerospace lightweight components
- AC welding of stainless steel (under specific low-current conditions)
- Precision welding in aerospace, rail transit, pressure vessels, etc.
- Used in automated welding systems and robotic torch assemblies

5. Procurement Information

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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

6.1.1 Dotierungsverfahren für Zirkonoxid

Die Dotierungsmethode von Zirkonoxid wirkt sich direkt auf die Mikrostruktur und die Eigenschaften von Zirkonium-Wolframelektroden aus. Zu den häufig verwendeten Dotierungsmethoden gehören die Trockendotierung, die Nassdotierung und die chemische Co-Präzipitation, die jeweils ihre eigenen Vorteile haben und für unterschiedliche Produktionsanforderungen und Elektrodenqualitäten (z. B. WZ3, WZ8) geeignet sind.

Doping nach der Trockenmethode

Trockendotierung ist der Prozess der Dotierung von hochreinem Wolframpulver mit Zirkonoxidpulver durch mechanisches Mischen. Bei der Mischanlage handelt es sich in der Regel um einen Hochgeschwindigkeitsmischer, einen V-Mischer oder eine Planetenkugelmühle, und die Betriebsumgebung erfordert ein Inertgas (z. B. Argon oder Stickstoff), um eine Pulveroxidation zu verhindern. Das Trockendotierungsverfahren umfasst:

Rohstoffaufbereitung: Es wurde Wolframpulver mit einer Reinheit $>$ von 99,95 % (Partikelgröße 3–5 μm) und einer Reinheit von $>$ 99,9 % Zirkonoxidpulver (Partikelgröße 0,1–1 μm) ausgewählt.

Mischen: Wiegen Sie die Zutaten im Zielverhältnis (z. B. 0,3 % ZrO_2 für WZ3 und 0,8 % ZrO_2 für WZ8) und mischen Sie mit einem Hochleistungsmixer 2–4 Stunden bei einer Mischgeschwindigkeit von 100–300 U/min.

Sieben: Das gemischte Pulver wird durch ein Vibrationssieb (Siebloch $<$ 10 μm) entfernt, um agglomerierte Partikel zu entfernen und eine gleichmäßige Partikelgröße zu gewährleisten.

Die Vorteile der Trockendotierung sind ein einfaches Verfahren und niedrige Kosten, wodurch sie für die Großserienproduktion geeignet sind. Seine Gleichmäßigkeit wird jedoch durch die mechanische Mischeffizienz begrenzt und es ist anfällig für die lokale Aggregation von Zirkonoxidpartikeln, die die Leistung der Elektrode beeinträchtigt.

Dotieren nach der Nassmethode

Beim Nassdotieren werden Wolframpulver und Zirkonoxid in einem flüssigen Medium wie deionisiertem Wasser oder Ethanol gemischt, das dann durch Trocknen entfernt wird. Zu den Nassdotierungsverfahren gehören:

Dispersion: Wolframpulver und Zirkonoxidpulver werden mit Hilfe von Ultraschalldispersion oder Hochgeschwindigkeitsrührwerk (500–1000 U/min) zu einem flüssigen Medium gegeben, um eine homogene Suspension zu bilden.

Mischen: Sorgen Sie für eine gleichmäßige Verteilung der Zirkonoxidpartikel durch Rühren oder Kugelmahlen (Schleifzeit 4–8 Stunden).

Trocknung: Durch Sprühtrocknung oder Vakuumtrocknung (Temperatur $<$ 100°C) wird das flüssige Medium entfernt, um ein homogenes Mischpulver zu erhalten.

Der Vorteil der Nassdotierung besteht darin, dass damit eine höhere Dotierungsgleichmäßigkeit erreicht werden kann, insbesondere bei der nanoskaligen Zirkonoxid-Dotierung. Die Nassdotierung erfordert jedoch die Kontrolle der Reinheit des flüssigen Mediums, um das Einbringen von

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Verunreinigungen zu vermeiden, und der Trocknungsprozess kann den Energieverbrauch erhöhen.

Chemisches Co-Präzipitationsverfahren Das chemische Co-Präzipitationsverfahren ist eine fortschrittliche Dotierungstechnik, bei der Zirkonoxidpartikel direkt in einer Wolframmatrix durch eine chemische Reaktion erzeugt werden. Der Prozess umfasst:

Lösungsvorbereitung: Wolframat (z. B. Ammoniumparawolframat) in Wasser auflösen und eine Zirkonsalzlösung (z. B. Zirkoniumchlorid oder Zirkoniumnitrat) hinzufügen.

Mitfällung: Durch Zugabe eines Fällungsmittels (z. B. Ammoniak) werden Wolfram- und Zirkoniumionen gleichzeitig ausgefällt, um einen zirkonoxidhaltigen Wolframvorläufer zu bilden.

Kalziniierung: Der Niederschlag wird bei 800–1000 °C kalziniert, um zirkonoxidhaltiges Wolframpulver herzustellen.

Der Vorteil der chemischen Co-Präzipitation besteht darin, dass die Dotierungsgleichmäßigkeit extrem hoch ist und die Zirkonoxidpartikel die Nanoskala (<100 nm) erreichen können, was die Elektrodenleistung erheblich verbessert. Sein Verfahren ist jedoch komplex und kostspielig und wird hauptsächlich bei der Herstellung von hochwertigen Zirkonium-Wolfram-Elektroden eingesetzt.

Weitere Dopingmethoden In den letzten Jahren wurden Sol-Gel- und Plasma-Sprühverfahren auch bei Dotierungsstudien von Zirkonium-Wolfram-Elektroden eingesetzt. Das Sol-Gel-Verfahren erreicht eine nanoskalige Dotierung durch die Herstellung von zirkoniumhaltigen Gelvorläufern, während das Plasmasprühverfahren Zirkonoxid durch Hochtemperaturplasma auf einer Wolframmatrix abscheidet. Diese Verfahren eignen sich für Spezialelektroden wie das Hochstrom-Plasmaschneiden, sind aber in der industriellen Produktion noch nicht weit verbreitet.

6.1.2 Kontrolle der Gleichmäßigkeit des Dopings

Die Gleichmäßigkeit der Dotierung ist der Schlüssel zur Konsistenz der Leistung der Zirkonium-Wolfram-Elektrode, die sich direkt auf die Lichtbogenstabilität und die Lebensdauer der Elektrode auswirkt. Eine ungleichmäßige Dotierung kann zu lokalen Leistungsschwankungen führen, die zu Lichtbogendrift oder Elektrodendurchbrennen führen. Die Kontrolle der Dopinggleichmäßigkeit sollte von den folgenden Aspekten ausgehen:

Kontrolle der Partikelgröße des Rohmaterials: Die Partikelgröße von Wolframpulver und Zirkonoxid muss aufeinander abgestimmt werden, in der Regel 3–5 µm für Wolframpulver und 0,1–1 µm für Zirkonoxid. Übermäßige Unterschiede in der Partikelgröße können zu einer ungleichmäßigen Durchmischung führen, die den Sintereffekt beeinträchtigt.

Optimierung der Mischanlage: Verwenden Sie hochpräzise Mischanlagen wie Planetenkugelmöhlen oder Ultraschalldispersierer, um eine gleichmäßige Verteilung der Zirkonoxidpartikel zu gewährleisten. Mischzeiten und -geschwindigkeiten müssen entsprechend den Eigenschaften des Pulvers optimiert werden, z. B. erfordert die Nassdotierung eine kontrollierte Mischgeschwindigkeit von 500 bis 1000 U/min und eine Mischzeit von 4 bis 6 Stunden.

Online-Monitoring: Laser-Partikelgrößenanalytoren und Rasterelektronenmikroskopie (REM)

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

werden eingesetzt, um die Partikelgrößenverteilung und die Gleichmäßigkeit der Mischung von Pulvern in Echtzeit zu überwachen. In der modernen Produktion können KI-Algorithmen eingesetzt werden, um REM-Bilder zu analysieren und die Gleichmäßigkeit des Dopings vorherzusagen.

Anpassung der Prozessparameter: Optimieren Sie die Zirkonoxidverteilung, indem Sie die Mischzeit, das Medienverhältnis und die Mahlintensität anpassen. Zum Beispiel können Dispergiermittel (wie Polyvinylalkohol) der Nassdotierung zugesetzt werden, um die Stabilität der Suspension zu verbessern.

Qualitätsprüfung: Das gemischte Pulver muss durch Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA) oder Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) nachgewiesen werden, um sicherzustellen, dass es mit den Zielqualitäten (z. B. WZ3, WZ8) übereinstimmt.

Zu den jüngsten Fortschritten bei der Kontrolle der Gleichmäßigkeit der Dotierung gehören nanotechnologische Anwendungen und intelligente Mischanlagen. Die Einführung von nanoskaligem Zirkonoxid verbessert die Gleichmäßigkeit der Dotierung erheblich, während intelligente Mischanlagen die Produktionskonsistenz weiter verbessern, indem die Prozessparameter durch Echtzeit-Feedback angepasst werden.

6.2 Hochtemperatur-Sintertechnologie der Zirkonium-Wolframelektrode

Das Hochtemperatur-Sintern ist ein Schlüsselverfahren, bei dem das gemischte Pulver zu Knüppeln gepresst und dann durch Hochtemperaturbehandlung zu dichten Elektrodenrohlingen verbunden wird. Die Sintertechnologie wirkt sich direkt auf die Dichte, Mikrostruktur und Leistungsstabilität von Zirkonium-Wolframelektroden aus. Das Sintern von Zirkonium-Wolfram-Elektroden erfolgt in der Regel mittels Vakuumsintern oder Wasserstoff-Schutzsintern, um Wolframoxidation zu verhindern und eine hohe Dichte zu gewährleisten.

Sinteranlagen

Der Hochtemperatur-Sinterofen ist die Kernausrüstung des Sinterprozesses, der über hochpräzise Temperier- und Atmosphärenregelungsfunktionen verfügen muss. Zu den häufig verwendeten Geräten gehören:

Vakuum-Sinterofen: Vakuum $< 10^{-3}$ Pa, Temperaturbereich 1800–2200°C, geeignet für die Herstellung hochreiner Elektroden.

Wasserstoff-Sinterofen: verwendet hochreinen Wasserstoff (>99,999 %) als Schutzatmosphäre, um die Wolframoxidation zu verhindern, geeignet für die Massenproduktion.

Mikrowellen-Sinterofen: Eine Sintertechnologie, die in den letzten Jahren entstanden ist und ein schnelles und gleichmäßiges Sintern durch Mikrowellenerwärmung ermöglicht, wodurch die Sinterzeit (2-4 Stunden) verkürzt wird.

Sinterprozess

Der Sinterprozess wird in der Regel in drei Stufen unterteilt: Vorsintern, Hauptsintern und Wärmekonservierung:

Vorsintern (800–1000 °C): Entfernen Sie flüchtige Verunreinigungen (z. B. Feuchtigkeit,

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Schmiermittel) und adsorbierte Gase für 1–2 Stunden aus dem Knüppel.

Hauptsintern (1800–2000 °C): Fördert die Bindung von Wolframpartikeln und die Bildung von Zirkonoxid-dispergierten Phasen für 2–4 Stunden. Die Sinter Temperatur muss genau geregelt werden (± 10 °C), um eine übermäßige Korngröße oder poröse Rückstände zu vermeiden.

Wärmeisolierung (2000–2200 °C): 1–2 Stunden warm halten, um die Kristallstruktur zu optimieren und die Kompaktheit und thermische Stabilität der Elektrode zu verbessern.

Parameter Sintern

Temperatur: Die Sinter Temperatur muss je nach Elektrodensorte optimiert werden, und WZ8 (hoher Zirkonoxidgehalt) muss eine höhere Temperatur (2000–2200 °C) haben, um eine gleichmäßige Verteilung der Zirkonoxidpartikel zu gewährleisten.

Atmosphäre: Beim Vakuumsintern muss ein Vakuumgrad von $< 10^{-3}$ Pa aufrechterhalten werden, und beim Wasserstoffsintern muss die Wasserstoffgasdurchflussrate (10–50 l/min) gesteuert werden, um die reduzierende Atmosphäre aufrechtzuerhalten.

Heizrate: in der Regel 5–10°C/min, um Risse des Knüppels durch schnelles Erhitzen zu vermeiden.

Abkühlgeschwindigkeit: geregelt bei 20–50 °C/h, um eine Ansammlung von internen Spannungen zu verhindern.

Sinter-Effekt

Die Sinterdichte hochwertiger Zirkonium-Wolframelektroden kann eine theoretische Dichte von 95 % bis 98 % erreichen, und die Porosität $< 0,5$ %. Zirkonoxidpartikel bilden während des Sinterns eine stabile dispergierte Phase, die das Wachstum von Wolframkörnern (Korngröße 10–20 μm) hemmt. Der gesinterte Knüppel muss durch Röntgen- oder Ultraschallprüfung auf innere Fehler überprüft werden, um sicherzustellen, dass keine Risse oder Poren vorhanden sind.

Technologische Fortschritte In den letzten Jahren wurden unter anderem folgende Entwicklungen in der Hochtemperatur-Sinter Technologie erzielt:

Plasmasintern (SPS): Schnelle Erwärmung mit Hochspannungs-Impulsstrom (Heizrate > 100 °C/min) zur Verkürzung der Sinterzeit und Erhöhung der Dichte.

Mikrowellensintern: Nutzt Mikrowellenenergie für eine gleichmäßige Erwärmung, reduziert den Energieverbrauch und verbessert die Mikrostruktur.

Intelligente Steuerung: Computersteuerungssysteme und Sensoren werden verwendet, um Temperatur, Atmosphäre und Knüppelstatus in Echtzeit zu überwachen und so die Sinterparameter zu optimieren.

Die Optimierung der Hochtemperatur-Sinter Technologie verbessert die Leistungskonstanz und Produktionseffizienz von Zirkonium-Wolfram-Elektroden erheblich und bietet eine zuverlässige Materialunterstützung für hochpräzises Schweißen.

6.3 Präzisionsbearbeitungstechnologie von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Die Präzisionsbearbeitungstechnologie ist ein entscheidender Schritt bei der Verarbeitung von gesinterten Knüppeln zu Elektrodenstäben, die den Spezifikationen entsprechen, einschließlich Prozessen wie Ziehen, Extrudieren, Schneiden und Schleifen. Das Ziel der Präzisionsbearbeitung

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

ist es, eine hohe Maßhaltigkeit, Oberflächengüte und Leistungsstabilität der Elektroden zu erreichen.

Ziehtechnik Beim Ziehen wird der gesinterte Knüppel nach und nach durch eine Reihe von Formen gedehnt, um einen schlanken Elektrodenstab herzustellen. Die Ziehausrüstung ist eine Ziehmaschine mit mehreren Durchgängen, und das Formmaterial ist in der Regel Hartmetall oder Diamant, um der hohen Härte von Wolfram standzuhalten. Zu den Parametern des Ziehprozesses gehören:

Auszugsgeschwindigkeit: 0,1–1 m/min, zu schnell kann zu Kratzern auf der Oberfläche oder inneren Mikrorissen führen.

Formdesign: Die Größe des Formlochs wird schrittweise reduziert (jedes Mal 5 % bis 10 %), und der Knüppeldurchmesser wird von 10 bis 20 mm auf insgesamt 1,0 bis 6,4 mm reduziert.

Schmierstoffe: Verwenden Sie Graphit- oder Molybdändisulfid-Schmierstoffe, um den Verschleiß der Form und Defekte an der Elektrodenoberfläche zu reduzieren.

Die Durchmessertoleranz der gezogenen Elektrode sollte bei $\pm 0,05$ mm geregelt werden, und die Oberflächenrauheit sollte $Ra < 0,8 \mu\text{m}$ betragen. Die moderne Ziehtechnik verwendet Servosteuerungssysteme, um die Zuggeschwindigkeit und -spannung präzise einzustellen und so die Bearbeitungskonsistenz zu verbessern.

Extrusionstechnologie Die Extrusion ist eine Alternative zum Ziehen und eignet sich für die Herstellung von Elektroden mit großem Durchmesser (> 6 mm). Bei der Extrusionsanlage handelt es sich um eine hydraulische Hochtemperatur-Extrusionsmaschine, und der Knüppel wird extrudiert und mit einer Matrize bei 1200–1500 °C geformt. Der Vorteil des Extrusionsverfahrens besteht darin, dass es weniger Bearbeitungsdurchgänge gibt, die hohe Temperaturbeständigkeit der Form jedoch höher ist. Die extrudierte Elektrode muss wärmebehandelt werden, um innere Spannungen zu beseitigen.

Schneidtechnik Das Schneiden wird verwendet, um lange Elektrodenstäbe nach dem Ziehen zu schneiden oder in Standardlängen (z.B. 150 mm, 175 mm) zu extrudieren. Zu den häufig verwendeten Geräten gehören Drahtschneidmaschinen oder Laserschneidmaschinen, und die Schnittgenauigkeit muss auf ± 1 mm gesteuert werden. Verwenden Sie während des Schneidvorgangs ein Kühlmittel (z. B. Wasser oder Öl), um eine Überhitzung der Elektrode zu verhindern.

Schleiftechnologie Das Schleifen wird eingesetzt, um das Finish und die Spitzengeometrie der Elektrodenoberfläche zu verbessern. Zur gängigen Ausstattung gehören CNC-Schleifmaschinen mit einem Schleifmedium aus Aluminiumoxid oder Diamantsuspension. Der Spitzenschleifwinkel (30° – 60°) wird je nach Schweißbedarf optimiert, und das AC-Schweißen ist in der Regel stumpf (45° – 60°), um die Lichtbogenstabilität zu verbessern. Die Oberflächenrauheit der polierten Elektrode betrug $Ra < 0,4 \mu\text{m}$.

Technologische Fortschritte Zu den jüngsten Entwicklungen in der

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

Präzisionsbearbeitungstechnologie gehören:

Laserbearbeitung: Die Laserschneid- und Poliertechnologie wird eingesetzt, um eine nanoskalige Oberflächengüte und eine hochpräzise Dimensionskontrolle zu erzielen.

CNC-Bearbeitung: Verwendet eine fünfachsigige CNC-Maschine, um komplexe Elektrodenformen für spezielle Schweißanforderungen zu bearbeiten.

Oberflächenmodifikation: Verbesserung der Oberflächenbeständigkeit durch Ionenstrahlpolieren oder Plasmabehandlung.

Fortschritte in der Präzisionsbearbeitungstechnologie haben die Maßgenauigkeit und Leistungsstabilität von Zirkonium-Wolfram-Elektroden erheblich verbessert und erfüllen damit die Anwendungsanforderungen von stark nachgefragten Bereichen wie der Luft- und Raumfahrt und der Nuklearindustrie.

6.4 Automatisierung und intelligente Produktionstechnik von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Automatisierung und intelligente Produktionstechnologie ist die zukünftige Richtung der Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden, die die Produktionseffizienz, die Qualitätskonsistenz und die Prozesskontrollierbarkeit durch die Einführung von Automatisierungsgeräten, dem industriellen Internet der Dinge und der Technologie der künstlichen Intelligenz verbessert.

Die Technologie zur automatisierten Produktionsautomatisierung deckt alle Aspekte der Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden ab, einschließlich:

Rohstoffhandhabung: Automatisierte Wiege- und Mischgeräte, wie z. B. Roboter-Dosiersysteme, gewährleisten präzise Rohstoffverhältnisse und reduzieren menschliche Fehler.

Pressen und Formen: Die automatische kalisostatische Presse steuert den Druck und die Haltezeit über eine SPS (speicherprogrammierbare Steuerung), um die Konsistenz der Knüppel zu verbessern.

Sintern: Automatisierte Sinteröfen sind mit Temperatur- und Atmosphärensensoren ausgestattet, um die Prozessparameter in Echtzeit anzupassen.

Verarbeitung und Inspektion: Automatisierte Ziehmaschinen und CNC-Schneidemaschinen erzielen eine hochpräzise Bearbeitung, und Online-Inspektionsgeräte (wie Laser-Entfernungsmesser, Röntgendetektoren) überwachen die Elektrodenqualität in Echtzeit.

Zu den typischen Konfigurationen automatisierter Produktionslinien gehören SCADA (Data Acquisition and Monitoring System) und MES (Manufacturing Execution System), um eine vollständige Prozessüberwachung und -optimierung durch Datenintegration zu ermöglichen.

Intelligente Produktion

Intelligente Produktion verbessert die Produktionseffizienz und -qualität durch künstliche Intelligenz und Big-Data-Analysen weiter:

Prozessoptimierung: Algorithmen des maschinellen Lernens werden verwendet, um historische

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Produktionsdaten zu analysieren und optimale Misch-, Sinter- und Verarbeitungsparameter vorherzusagen. So wird beispielsweise die Sintertemperatur durch das neuronale Netzwerkmodell optimiert, wodurch der Energieverbrauch um 10 % bis 15 % gesenkt wird.

Qualitätsvorhersage: Eine KI-basierte Bilderkennungstechnologie analysiert REM-Bilder, um die Gleichmäßigkeit und Defektrate der Elektrodenmikrostruktur vorherzusagen.

Fehlerdiagnose: Überwachen Sie den Gerätestatus über IoT-Sensoren, prognostizieren Sie potenzielle Ausfälle und implementieren Sie vorbeugende Wartung, um Ausfallzeiten zu reduzieren.

Supply Chain Management: Intelligente Systeme integrieren die Rohstoffbeschaffung, die Produktionsplanung und das Bestandsmanagement über ERP (Enterprise Resource Planning), um die Produktionseffizienz zu verbessern.

Der Einsatz von Automatisierung und intelligenter Produktionstechnologie hat die Produktionskosten erheblich gesenkt und die Leistungskonsistenz und Wettbewerbsfähigkeit von Zirkonium-Wolfram-Elektroden auf dem Markt verbessert.

6.5 Umweltfreundliche Produktions- und Umweltschutztechnologie von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Umweltfreundliche Produktions- und Umweltschutztechnologien sind wichtige Entwicklungsrichtungen für die Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden, die darauf abzielen, den Energieverbrauch, die Abfallemissionen und die Umweltverschmutzung zu reduzieren und die Anforderungen einer nachhaltigen Entwicklung zu erfüllen.

Energieoptimierung

Effizientes Sintern: Die Mikrowellensinter- oder Plasmasinterntechnologie wird eingesetzt, um die Sinterzeit (2–4 Stunden) zu verkürzen und den Energieverbrauch um 20 % bis 30 % zu senken.

Abwärmerückgewinnung: Nutzen Sie die Abwärme von Sinteröfen und Wärmebehandlungsöfen, um Energie für andere Prozesse wie Trocknung oder Vorwärmung bereitzustellen und so die Energienutzung zu verbessern.

Erneuerbare Energien: Einige Produktionsunternehmen nutzen Solar- oder Windenergie, um Strom zu betreiben und die Kohlenstoffemissionen zu reduzieren.

Recycling von Schrott

Recycling von Wolframpulver: Wolframabfälle in der Produktion werden durch chemische Reinigungs- und Reduktionsprozesse mit einer Rückgewinnungsquote von mehr als 90 % zurückgewonnen.

Zirkonoxid-Wiederverwendung: Der beim Schleifen und Schneiden entstehende Zirkonoxidstaub wird gesammelt und für die nächste Produktionscharge wieder gereinigt.

Abwasserbehandlung: Das bei der Nassdotierung und -reinigung anfallende Abwasser wird gefiltert und chemisch behandelt, um Schwermetalle zu entfernen und die Einleitungsnormen zu erfüllen.

Umweltfreundliches Verfahren

Schadstoffarmes Doping: Verwenden Sie lösungsmittelfreies Nassdoping oder chemische Co-Präzipitationsmethode, um den Einsatz organischer Lösungsmittel zu reduzieren.

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

Staubfreie Produktion: Die Staubemissionen ($< 10 \text{ mg/m}^3$) werden durch geschlossene Anlagen und effiziente Entstaubungssysteme im Misch- und Mahlprozess kontrolliert.

Umweltfreundliche Verpackungen: Verwenden Sie recycelbare Materialien (wie Papier oder abbaubaren Kunststoff), um Elektroden zu verpacken und so die Plastikverschmutzung zu reduzieren.

Einhaltung gesetzlicher Vorschriften Bei der Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden müssen internationale und nationale Umweltvorschriften eingehalten werden, wie z. B. die EU-REACH-Verordnung und das chinesische Umweltschutzgesetz. Die Hersteller müssen regelmäßig Umweltverträglichkeitsprüfungen durchführen, um sicherzustellen, dass die Behandlung von Abgasen, Abwasser und festen Abfällen den Normen entspricht.

Der Einsatz umweltfreundlicher Produktionstechnologien reduziert nicht nur die Umweltbelastung, sondern verbessert auch die soziale Verantwortung der Unternehmen und die Wettbewerbsfähigkeit auf dem Markt. So sind beispielsweise Zirkonium-Wolfram-Elektroden aus umweltfreundlicher Herstellung auf dem europäischen und amerikanischen Markt beliebter und erfüllen die Kundenbedürfnisse nach umweltfreundlichen Produkten.

6.6 Häufige Probleme und Lösungen in der Produktion

Der Produktionsprozess von Zirkonium-Wolframelektroden kann auf eine Vielzahl von Problemen stoßen, darunter ungleichmäßige Dotierung, Sinterfehler, Verarbeitungsrisse und instabile Leistung. Im Folgenden werden häufige Probleme und deren Lösungen analysiert:

Problem 1: Ungleichmäßiges Doping

Phänomen: Zirkonoxidpartikel sind ungleichmäßig in der Wolframmatrix verteilt, was zu einer inkonsistenten Elektrodenleistung, Lichtbogendrift oder Zündschwierigkeiten führt.

Ursachen: Unzureichende Mischzeit, große Unterschiede in der Partikelgröße oder unzureichende Geräteleistung.

Lösung:

Verlängerte Mischzeit (4–6 Stunden) und erhöhte Mischgeschwindigkeit (500–1000 U/min).

Verbessern Sie die Gleichmäßigkeit durch nanoskaliges Zirkonoxid ($< 100 \text{ nm}$) oder Nassdotierung. Der Dotierungseffekt wurde mit Hilfe eines Online-Partikelgrößenanalysators und eines REM detektiert und die Prozessparameter angepasst.

Problem 2: Sinterdefekte (wie Poren oder Risse)

Phänomen: Im Inneren des gesinterten Knüppels entstehen Poren oder Risse, die die Elektrodendichte und die mechanische Festigkeit verringern.

Ursachen: Die Sintertemperatur ist zu hoch/zu niedrig, die Aufheizrate ist zu schnell oder die Atmosphäre wird nicht richtig geregelt.

Lösung:

Optimieren Sie die Sinterkurve, um die Heizrate ($5\text{--}10 \text{ }^\circ\text{C/min}$) und die Haltezeit (1–2 Stunden) zu steuern.

Erhöhtes Vakuum ($< 10^{-3} \text{ Pa}$) oder Wasserstoffreinheit ($> 99,999\%$).

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Verwenden Sie Röntgen oder Ultraschall, um Knüppelfehler zu erkennen und fehlerhafte Produkte zu eliminieren.

Problem 3: Verarbeitung von Rissen

Phänomen: Während des Ziehens oder Schneidens entstehen Mikrorisse auf der Oberfläche oder im Inneren der Elektrode, die die Leistung und Langlebigkeit beeinträchtigen.

Ursache: Die Ziehgeschwindigkeit ist zu hoch, Werkzeugverschleiß oder innere Spannungen werden nicht beseitigt.

Lösung:

Reduzieren Sie die Zuggeschwindigkeit (0,1–0,5 m/min) und wechseln Sie das Werkzeug regelmäßig.

Wärmebehandlungs- und Glüh Schritte werden hinzugefügt, um innere Spannungen zu beseitigen (Glüh Temperatur 1200–1400 °C).

Anstelle des mechanischen Schneidens wird das Laserschneiden eingesetzt, wodurch die Spannungskonzentrationen reduziert werden.

Problem 4: Instabile Leistung

Phänomen: Der Lichtbogen der Elektrode ist instabil oder die Lebensdauer verkürzt sich beim Schweißen.

Ursachen: Zu hohe Verunreinigungen der Rohstoffe, ungleichmäßiges Gefüge oder schlechte Oberflächenqualität.

Lösung:

Verbessern Sie die Detektion von Rohstoffen und verwenden Sie ICP-MS, um den Verunreinigungsgehalt (<0,005 %) zu kontrollieren.

Optimieren Sie den Dotierungs- und Sinterprozess, um eine gleichmäßige Zirkonoxidverteilung und Korngrößenkontrolle (10–20 µm) zu gewährleisten.

Verbesserte Genauigkeit beim Polieren der Oberfläche (Ra<0,4 µm) und reduzierte Anhaftung von Verunreinigungen.

Frage 5: Fragen des Umweltschutzes

Phänomen: Übermäßige Emissionen von Abgasen, Abwasser oder Staub während des Produktionsprozesses, die die Einhaltung der Vorschriften beeinträchtigen.

Ursachen: Ineffiziente Entstaubungsgeräte, unsachgemäße Abwasserbehandlung oder hoher Energieverbrauch.

Lösung:

Installieren Sie ein hocheffizientes Staubsammelsystem (z. B. HEPA-Filter), um die Staubemissionen < 10 mg/m³ zu kontrollieren.

Ein geschlossenes Abwasserbehandlungssystem wird zur Rückgewinnung von Schwermetallen und Chemikalien eingesetzt.

Reduzieren Sie den Energieverbrauch durch Mikrowellensintern oder erneuerbare Energien.

Durch systematische Prozessoptimierung und Qualitätskontrolle können die oben genannten Probleme effektiv gelöst werden, wodurch die hohe Leistung und Produktionseffizienz von

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Zirkonium-Wolfram-Elektroden sichergestellt wird.



Kapitel 7 Verwendung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Zirkonium-Wolfram-Elektroden haben aufgrund ihrer hervorragenden Lichtbogenstabilität, Zündleistung, Durchbrennfestigkeit und Verschmutzungsbeständigkeit ein breites Anwendungsspektrum in der modernen Industrie. Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden hauptsächlich beim Wolfram-Schutzgas-Schutzgasschweißen (WIG-Schweißen), beim Plasmaschneiden, beim Plasmaspritzen und anderen Verfahren verwendet, insbesondere beim Wechselstromschweißen (AC), geeignet für die Verarbeitung von Leichtmetallen wie Aluminium und Magnesium und deren Legierungen. Darüber hinaus nehmen auch die Anwendungen in hochpräzisen Bereichen wie der Luft- und Raumfahrt, der Nuklearindustrie, dem Bau medizinischer Geräte und speziellen Umgebungen zu. In diesem Kapitel werden die verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten von Zirkonium-Wolfram-Elektroden im Detail untersucht, ihre spezifische Leistung in verschiedenen Prozessen und Branchen analysiert und eine eingehende Analyse von Alternativen und Wettbewerbslandschaften bereitgestellt, um ihre Bedeutung in der modernen Industrie umfassend zu demonstrieren.

7.1 Anwendung der Zirkonium-Wolfram-Elektrode beim WIG-Schweißen

Das Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG-Schweißen) ist das wichtigste Anwendungsgebiet für Zirkonium-Wolfram-Elektroden. Das WIG-Schweißen wird aufgrund seiner hohen Präzision, der

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

fehlenden Spritzer und der hervorragenden Schweißqualität häufig in industriellen Szenarien eingesetzt, die hochwertige Schweißnähte erfordern, wie z. B. in der Luft- und Raumfahrt, im Automobilbau, in der Schiffbauindustrie und im Präzisionsinstrumentenbau. Zirkonium-Wolfram-Elektroden eignen sich aufgrund ihrer hervorragenden Leistung beim AC-Schweißen besonders für das Schweißen von Materialien wie Aluminium, Magnesiumlegierungen und Edelstahl, was sie zu einer der bevorzugten Elektroden beim WIG-Schweißen macht.

7.1.1 Schweißen von Aluminium und Aluminiumlegierungen

Aluminium und Aluminiumlegierungen werden aufgrund ihres geringen Gewichts, ihres hohen Festigkeits-Gewichts-Verhältnisses, ihrer guten Wärmeleitfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit häufig in der Luft- und Raumfahrt, im Automobilbau, in der Schiffbauindustrie und in der Bauindustrie eingesetzt. Das Schweißen von Aluminium stellt jedoch erhebliche technische Herausforderungen dar, vor allem aufgrund der Bildung eines Aluminiumoxidfilms (Al_2O_3) auf seiner Oberfläche. Der Schmelzpunkt von Aluminiumoxid liegt bei bis zu $2050\text{ }^\circ\text{C}$, was viel höher ist als der von Aluminium (ca. $660\text{ }^\circ\text{C}$), und weist eine hohe chemische Stabilität auf, die leicht zu Defekten wie Lichtbogeninstabilität, Schweißnahtporosität oder Nichtschmelzen führen kann. Zirkonium-Wolframelektroden weisen eine hervorragende Leistung beim AC-WIG-Schweißen von Aluminium und Aluminiumlegierungen auf, und ihre Vorteile spiegeln sich in folgenden Aspekten wider:

Lichtbogenstabilität: Die Zirkonium-Wolfram-Elektrode reduziert die mit Zirkonoxid (ZrO_2) dotierte Elektronenaustrittsarbeit (ca. $2,7\text{--}3,0\text{ eV}$, deutlich niedriger als die $4,5\text{ eV}$ von reinem Wolfram), so dass der Lichtbogen beim positiven und negativen halbumlaufenden Schalten von AC stabil bleibt. Der positive Halbumbfang des Wechselstromschweißens (die Elektrode ist die Anode) hat einen "Reinigungseffekt", der den Oxidfilm effektiv von der Aluminiumoberfläche entfernt, während die Lichtbogenkonzentration der Zirkonium-Wolframelektrode die Qualität der Schweißnaht sicherstellt. Die WZ8-Elektrode (mit $0,7\text{ }\%$ bis $0,9\text{ }\%$ ZrO_2) kann bei hohem Strom (150 bis 400 A) einen konischen Lichtbogen bilden, der zum Schweißen dicker Aluminiumlegierungen geeignet ist (z. B. Serien 5xxx, 6xxx, Dicke $> 5\text{ mm}$); Die WZ3-Elektrode mit $0,15\text{ }\%$ – $0,4\text{ }\%$ ZrO_2 eignet sich besser für niedrige bis mittlere Ströme ($50\text{--}150\text{ A}$) beim Blechschweißen ($< 3\text{ mm}$ Dicke).

Zündleistung: Die geringe Elektronenaustrittsleistung von Zirkonium-Wolframelektroden ermöglicht eine schnelle Zündung in hochfrequenten Wechselstrombögen, und die Zündspannung beträgt in der Regel weniger als 50 V , was die Wahrscheinlichkeit eines Zündausfalls erheblich verringert. Dies ist besonders wichtig für das automatisierte WIG-Schweißen, das die Produktivität erhöht und Anlagenverluste reduziert. So wird beispielsweise beim Schweißen von Blechen aus Aluminiumlegierungen durch die Schnellzündung der WZ3-Elektrode eine lokale Überhitzung durch Mehrfachzündungen vermieden.

Brennfestigkeit: Der hohe Schmelzpunkt der Zirkonium-Wolframelektrode (ca. $3422\text{ }^\circ\text{C}$, nahe an reinem Wolfram) und der Schutz der dispergierten Phase von Zirkonoxid ermöglichen es ihr, die Spitzenform in Hochtemperaturbögen (über $6000\text{ }^\circ\text{C}$) beizubehalten und das Ausbrennen zu

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

reduzieren. Die Lebensdauer von WZ8-Elektroden kann beim Langzeitschweißen bei hohen Strömen das 2- bis 3-fache der Lebensdauer von reinen Wolframelektroden erreichen, wodurch die Häufigkeit des Elektrodenwechsels und die Produktionskosten erheblich reduziert werden.

Anti-Kontaminationsfähigkeit: Beim Schweißen von Aluminiumlegierungen haften Aluminiumoxide und andere flüchtige Verunreinigungen leicht an der Elektrodenspitze, was zu einer Instabilität des Lichtbogens führt. Die chemische Stabilität von Zirkonium-Wolfram-Elektroden macht ihre Oberflächen weniger anfällig für die Reaktion mit Oxiden, hält den Lichtbogen sauber und reduziert Schweißfehler. WZ8-Elektroden können eine stabile Leistung bei hoher Luftfeuchtigkeit oder komplexen Umgebungen aufrechterhalten.

Anwendungsfälle:

Automobilindustrie: Aluminiumlegierungen (z. B. 5083, 6061) werden häufig bei der Herstellung von Fahrzeugen mit neuer Energie und leichten Fahrzeugen, einschließlich Karosserierahmen und Batteriegehäusen, verwendet. Die Zirkonium-Wolframelektrode (WZ8) sorgt für hochfeste, fehlerfreie Schweißnähte beim WIG-Schweißen. Beim Schweißen des Gehäuses aus Aluminiumlegierung des Tesla Model Y werden beispielsweise WZ8-Elektroden verwendet, was die Produktionseffizienz und die Schweißqualität erheblich verbessert.

Schiffbauindustrie: Rümpfe aus Aluminiumlegierungen (z. B. 5083-H116) müssen gegen Meerwasserkorrosion beständig sein, und das WIG-Schweißen erfordert hochwertige Schweißnähte, um die strukturelle Festigkeit zu gewährleisten. Die Anti-Verschmutzungsfähigkeit von Zirkonium-Wolfram-Elektroden macht sie hervorragend für salzige Umgebungen mit hoher Luftfeuchtigkeit und wird häufig bei der Herstellung von Luxusyachten und Militärschiffen eingesetzt.

Luft- und Raumfahrt: Aluminiumlegierungen (z. B. 7075, 2024) werden in Flugzeugrumpf- und Flügelstrukturen verwendet und erfordern eine extrem hohe Schweißfestigkeit und Oberflächenqualität. Zirkonium-Wolfram-Elektroden (WZ8) werden häufig beim Schweißen von Bauteilen aus Aluminiumlegierungen in der Boeing 787 und im Airbus A350 eingesetzt, und ihre Lichtbogenstabilität und Ausbrennfestigkeit erfüllen die anspruchsvollen Anforderungen der Luft- und Raumfahrt.

Architektur und Dekoration: Vorhangfassaden und Strukturbauteile aus Aluminiumlegierung (z. B. 6063-Legierung) werden im modernen Bauwesen häufig verwendet, und Zirkonium-Wolframelektrode (WZ3) wird zum Schweißen von dünnen Blechen verwendet, um ästhetisch ansprechende und spritzerfreie Schweißnähte zu gewährleisten.

Prozessparameter:

Stromart: Wechselstrom (AC), Rechteckwellen-Wechselstrom kann die Lichtbogenstabilität weiter optimieren.

Strombereich: 50–150 A (WZ3, Blech) bzw. 150–400 A (WZ8, Platte).

Elektrodendurchmesser: 1,6–2,4 mm (dünne Platte) bzw. 2,4–3,2 mm (dicke Platte).

Spitzenwinkel: 45°–60° zur Optimierung der Lichtbogenkonzentration.

Schutzgas: hochreines Argon (>99,99 %) oder Argon-Helium-Gemisch (70 % Argon + 30 % Helium), Durchfluss 10–20 L/min.

Schweißgeschwindigkeit: 0,1–0,5 m/min, abhängig von der Materialstärke und der Einstellung der

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

Ausrüstung.

Das Schweißen von Aluminium und Aluminiumlegierungen ist das Kernanwendungsgebiet von Zirkonium-Wolframelektroden, und seine hervorragende Leistung verbessert die Schweißqualität und Produktionseffizienz erheblich.

7.1.2 Schweißen von Edelstahl und Magnesiumlegierungen

Edelstahl und Magnesiumlegierungen sind gängige Materialien für das WIG-Schweißen und werden häufig in der Medizintechnik-, Chemie-, Luft- und Raumfahrt- und Automobilindustrie eingesetzt. Zirkonium-Wolfram-Elektroden weisen eine gute Anpassungsfähigkeit beim AC- und Gleichstromschweißen (DC) dieser Materialien auf, insbesondere beim AC-Schweißen.

Edelstahl Geschweißter Edelstahl (z. B. 304, 316L, 430) wird aufgrund seiner hervorragenden Korrosionsbeständigkeit und mechanischen Eigenschaften häufig in Lebensmittelverarbeitungsanlagen, medizinischen Geräten, chemischen Rohrleitungen und Gebäudekonstruktionen verwendet. Zirkonium-Wolfram-Elektroden bieten beim WIG-Schweißen von Edelstahl, insbesondere beim AC-Schweißen, folgende Vorteile:

Lichtbogenstabilität: Zirkonium-Wolframelektroden sorgen für einen stabilen Lichtbogen beim Wechselstromschweißen und reduzieren Porosität, Risse und Oxideinschlüsse in der Schweißnaht. Die Reinigungswirkung des positiven AC-Halbbumfangs kann Chromoxid (Cr_2O_3) und andere Verunreinigungen effektiv von der Edelstahloberfläche entfernen und so sicherstellen, dass die Schweißnaht sauber ist. Die WZ3-Elektrode eignet sich für niedrige bis mittlere Ströme (50–150 A) zum Präzisionsschweißen von dünnen Blechen aus Edelstahl (z. B. < 2 mm Dicke); Die WZ8-Elektrode ist für hohe Ströme (150–300 A) beim Dickblechschweißen geeignet.

Zündleistung: Die niedrige Zündspannung und das schnelle Zündverhalten von Zirkonium-Wolframelektroden reduzieren Lichtbogenunterbrechungen beim Schweißen, insbesondere beim Hochfrequenz-Wechselstromschweißen. Dies ist entscheidend für automatisierte Schweißlinien, wie z. B. die Herstellung von Edelstahlrohren.

Anti-Kontaminationsfähigkeit: Chromoxide oder andere flüchtige Verunreinigungen können beim Schweißen von Edelstahl entstehen, und die chemische Stabilität der Zirkonium-Wolframelektrode macht ihre Oberfläche weniger anfällig für Verunreinigungen und behält die Lichtbogenstabilität bei. WZ8-Elektroden behalten ihre Leistung in komplexen Umgebungen wie hoher Luftfeuchtigkeit oder öligen Umgebungen bei.

Brennfestigkeit: Zirkonium-Wolfram-Elektroden können beim Wechselstromschweißen Hochtemperaturschocks von einem positiven halben Umfang standhalten, wodurch das Durchbrennen der Spitze reduziert und die Lebensdauer verlängert wird. So können WZ8-Elektroden beim kontinuierlichen Schweißen mehr als doppelt so lange halten wie reine Wolframelektroden.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Anwendungsfälle:

Medizinische Geräte: Edelstahl 316L wird bei der Herstellung von chirurgischen Instrumenten und Implantaten verwendet und erfordert glatte Schweißnähte und keine Spritzer. Die Zirkonium-Wolfram-Elektrode (WZ3) sorgt für hochpräzise und qualitativ hochwertige Schweißnähte beim WIG-Schweißen und erfüllt damit die strengen Hygienestandards der Medizinbranche.

Chemische Industrie: Rohre aus Edelstahl 304 werden zur Förderung korrosiver Flüssigkeiten verwendet, und die Zirkonium-Wolframelektrode (WZ8) bietet stabile Lichtbogen- und Antifouling-Eigenschaften beim Schweißen dickwandiger Rohre und gewährleistet so die Korrosionsbeständigkeit der Schweißnaht.

Lebensmittelverarbeitung: Edelstahlbehälter (z. B. Lagertanks und Rührwerke) müssen Lebensmittelsicherheitsstandards erfüllen, und die Antikontaminationsfähigkeit von Zirkonium-Wolframelektroden vermeidet Schweißnahtverunreinigungen und verbessert die Produktionseffizienz.

Magnesiumlegierungen Schweißen Magnesiumlegierungen (z. B. AZ31, AZ91, WE43) werden aufgrund ihrer extrem geringen Dichte (ca. 1,74 g/cm³) und ihres hohen Festigkeits-Gewichts-Verhältnisses zunehmend in der Luft- und Raumfahrt-, Automobil- und Elektronikindustrie eingesetzt. Der niedrige Schmelzpunkt (ca. 650 °C), die hohe chemische Aktivität und die leichte Bildung von Magnesiumoxid-Filmen (MgO, Schmelzpunkt ca. 2852 °C) machen Magnesiumlegierungen jedoch schwer zu schweißen. Zirkonium-Wolfram-Elektroden eignen sich hervorragend zum AC-WIG-Schweißen von Magnesiumlegierungen:

Lichtbogensteuerung: Der konzentrierte Lichtbogen aus Zirkonium-Wolfram-Elektroden ermöglicht eine präzise Steuerung des Wärmeeintrags und vermeidet so eine Überhitzung oder ein Durchbrennen von Magnesiumlegierungen. Die WZ3-Elektrode eignet sich für dünne Bleche aus Magnesiumlegierungen (<3 mm dick) und die WZ8-Elektrode für das Schweißen von dicken Blechen (>5 mm dick) oder Hochstromschweißen (150–250 A).

Oxidationsbeständigkeit: Zirkonium-Wolfram-Elektroden widerstehen Magnesiumoxid-Verunreinigungen und halten die Lichtbogenstabilität beim Schweißen von Magnesiumlegierungen aufrecht. Seine Oberflächengüte (Ra<0,4 µm) reduziert die Anhaftung von Verunreinigungen zusätzlich.

Zündleistung: Zirkonium-Wolfram-Elektroden zünden sich in hochfrequenten Wechselstromlichtbögen schnell und reduzieren Schweißfehler, die durch Zündschwierigkeiten verursacht werden, was besonders für automatisiertes Schweißen geeignet ist.

Ausbrennfestigkeit: Die hohe Ausbrennbeständigkeit von Zirkonium-Wolfram-Elektroden ermöglicht es ihnen, der Hochtemperaturumgebung beim Schweißen von Magnesiumlegierungen beim AC-Schweißen standzuhalten und die Lebensdauer der Elektroden zu verlängern.

Anwendungsfälle:

Luft- und Raumfahrt: Magnesiumlegierungen werden zur Herstellung von Satellitenstrukturteilen, Drohnenrahmen und Hubschrauberkomponenten verwendet. Die Zirkonium-Wolframelektrode (WZ8) sorgt für hochfeste, fehlerfreie Schweißnähte beim WIG-Schweißen. Zum Beispiel sind einige Strukturteile der Starship-Rakete von SpaceX mit einer Magnesiumlegierung geschweißt,

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

und Zirkonium-Wolframelektroden sind eine gängige Wahl.

Automobilindustrie: Magnesiumräder und Aufhängungskomponenten werden im automobilen Leichtbau eingesetzt, und Zirkonium-Wolfram-Elektroden (WZ3) sorgen für hochwertige Schweißnähte beim Blechschweißen.

Elektronikindustrie: Gehäuse aus Magnesiumlegierungen werden in Laptops und Mobiltelefonen verwendet, und Zirkonium-Wolfram-Elektroden sorgen für Ästhetik und strukturelle Festigkeit beim Präzisionsschweißen.

Prozessparameter:

Stromart: Wechselstrom (AC) oder Gleichstrom (DCEN, je nach Material- und Geräteanforderungen).

Strombereich: 50–150 A (WZ3, Edelstahl/Blech Magnesiumlegierung) bzw. 150–300 A (WZ8, Dickblech).

Elektroden Durchmesser: 1,6–2,4 mm (dünne Platte) bzw. 2,4–3,2 mm (dicke Platte).

Spitzenwinkel: 30°–60°, das Schweißen dünner Bleche wird in Richtung eines spitzen Winkels (30°–45°) vorgespannt, dicke Bleche werden in Richtung eines stumpfen Winkels (45°–60°) vorgespannt.

Schutzgas: Argon oder Argon-Helium-Gemisch (70 % Argon + 30 % Helium), Durchfluss 12–20 L/min.

Schweißgeschwindigkeit: 0,1–0,4 m/min, abhängig von Materialstärke und Prozessoptimierung.

Die hervorragenden Eigenschaften von Zirkonium-Wolfram-Elektroden beim Schweißen von Edelstahl und Magnesiumlegierungen machen sie zu einer wichtigen Position beim Schweißen von hochpräzisen und komplexen Materialien, die den strengen Anforderungen verschiedener Industriebereiche gerecht werden.

7.2 Anwendung der Zirkonium-Wolfram-Elektrode beim Plasmaschneiden und -sprühen

Plasmaschneiden und Plasmaspritzen sind wichtige Anwendungsgebiete für Zirkonium-Wolfram-Elektroden, bei denen Hochtemperatur-Plasmalichtbögen erzeugt und gesteuert werden. Zirkonium-Wolfram-Elektroden eignen sich aufgrund ihrer hohen Durchbrandfestigkeit, Lichtbogenstabilität und Beständigkeit gegen Verschmutzung ideal für diese hochfesten Prozesse.

Plasmaschneiden

Beim Plasmaschneiden wird ein Hochtemperatur-Plasmalichtbogen (die Temperatur kann mehr als 20.000 °C erreichen) verwendet, um Metallmaterialien zu schmelzen und wegzublasen, die beim Schneiden von Stahl, Aluminiumlegierungen, Edelstahl und Kupferlegierungen weit verbreitet sind und für den Schiffbau, das Bauwesen, den Automobilbau und die Schwermaschinenindustrie geeignet sind. Die Zirkonium-Wolfram-Elektrode fungiert beim Plasmaschneiden als Kathode und bietet einen stabilen Plasmalichtbogen mit Leistungsvorteilen wie:

Lichtbogenstabilität: Die Zirkonium-Wolframelektrode (WZ8) ist in der Lage, bei hohen Strömen (100–500 A) einen stabilen Plasmalichtbogen zu bilden, wodurch die Drift der Lichtbogensäule reduziert und eine flache Schnittkante (Rauheit $Ra < 25 \mu m$) gewährleistet wird. Seine

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

Lichtbogenkonzentration eignet sich zum Schneiden von dicken Blechen (20–50 mm dick) oder komplexen Formen.

Brennfestigkeit: Der hohe Schmelzpunkt von Zirkonium-Wolfram-Elektroden und die schützende Wirkung von Zirkonoxid ermöglichen es ihnen, die Spitzenform in Hochtemperatur-Plasmaumgebungen beizubehalten, wodurch Ausbrennschäden reduziert werden. Die WZ8-Elektrode kann bis zu 2-3 Mal länger halten als reine Wolframelektroden, wodurch die Produktionskosten gesenkt werden.

Verschmutzungsbeständigkeit: Beim Plasmaschneiden können Metaldämpfe und Oxide die Elektrodenspitze verunreinigen. Die chemische Stabilität von Zirkonium-Wolfram-Elektroden macht ihre Oberfläche weniger anfällig für Verunreinigungen und erhält die Stabilität des Plasmalichtbogens.

Anwendungsfälle:

Schiffbau: Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden zum Schneiden von Stahlblechen aus dem Rumpf (z. B. AH36, DH36, Dicke 30–50 mm) verwendet, um eine hohe Präzision und effiziente Produktion zu gewährleisten. Die Werft von Hyundai Heavy Industries verwendet beispielsweise WZ8-Elektroden für das Plasmaschneiden, um die Schnittgeschwindigkeit und -qualität zu verbessern.

Automobilbau: Das Plasmaschneiden von Karosseriebauteilen aus Aluminium wie der Legierung 6061 erfordert eine hohe Präzision, und die Zirkonium-Wolframelektrode (WZ3) sorgt für einen stabilen Lichtbogen bei niedrigen bis mittleren Strömen (100–200 A).

Bauindustrie: Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden zum Schneiden von Stahlbauträgern und -stützen verwendet, um glatte Schnittflächen zu gewährleisten und die Nachbearbeitung zu reduzieren.

Prozessparameter:

Stromart: Gleichstrom (DCEN).

Strombereich: 100–500 A, abhängig von der Materialstärke und der Einstellung der Ausrüstung.

Durchmesser der Elektrode: 2,4–4,0 mm.

Schutzgas: Argon, Stickstoff oder Argon-Wasserstoff-Gemisch (95 % Argon + 5 % Wasserstoff), Durchfluss 20–30 L/min.

Düsendesign: Zirkonium-Wolfram-Elektroden müssen mit hochhitzebeständigen Düsen (z. B. Zirkonoxidkeramik) kombiniert werden, um die Plasmalichtbogenkonzentration zu gewährleisten.

Plasmaspritzen

Beim Plasmaspritzen werden pulverförmige Materialien (wie Zirkonoxid, Aluminiumoxid) durch einen Hochtemperatur-Plasmalichtbogen (Temperatur 10.000 bis 20.000 °C) geschmolzen und auf die Oberfläche des Substrats gesprüht, um eine verschleißfeste, hochtemperatur- oder korrosionsbeständige Beschichtung zu bilden, die in Flugzeugtriebwerken, Gasturbinen und der Herstellung medizinischer Implantate weit verbreitet ist. Zirkonium-Wolfram-Elektroden fungieren als Kathoden beim Plasmaspritzen und bieten einen stabilen Plasmalichtbogen mit

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

Leistungsvorteilen, darunter:

Lichtbogenstabilität: WZ8-Elektroden sind in der Lage, bei hohen Strömen (300–600 A) gleichmäßige Plasmabögen zu bilden, die eine gleichmäßige Schichtdicke (typischerweise 0,1–1 mm) und eine gleichmäßige Struktur gewährleisten.

Durchbrennfestigkeit: Zirkonium-Wolframelektroden können langen Betriebsstunden in Hochtemperatur-Plasmaumgebungen standhalten und reduzieren das Durchbrennen der Spitze und die Häufigkeit des Elektrodenwechsels. So kann die WZ8-Elektrode beim Dauersprühen mehr als 100 Stunden halten.

Kontaminationsbeständigkeit: Beim Plasmaspritzen können pulverförmige Materialien wie Zirkonoxidpartikel an der Elektrodenspitze haften bleiben. Die Oberflächenbeschaffenheit und chemische Stabilität von Zirkonium-Wolfram-Elektroden reduzieren Kontaminationseffekte und erhalten die Sprühqualität.

Anwendungsfälle:

Luft- und Raumfahrt: Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden verwendet, um keramische Beschichtungen (z. B. Zirkonoxid) auf Turbinenschaufeloberflächen zu sprühen, um die Hochtemperaturbeständigkeit zu verbessern. Beim Sprühen von Turboschaufeln von GE-Triebwerken werden beispielsweise WZ8-Elektroden verwendet, um die Gleichmäßigkeit und Haltbarkeit der Beschichtung zu gewährleisten.

Energiewirtschaft: Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden verwendet, um verschleißfeste Beschichtungen auf Kesselrohre oder Gasturbinenkomponenten zu sprühen und so die Lebensdauer der Ausrüstung zu verlängern.

Medizinische Industrie: Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden verwendet, um biokompatible Beschichtungen (wie z. B. Hydroxylapatit) auf orthopädische Implantatoberflächen zu sprühen, um deren Korrosionsbeständigkeit und Biokompatibilität zu verbessern.

Prozessparameter:

Stromart: Gleichstrom (DCEN).

Strombereich: 300–600 A.

Durchmesser der Elektrode: 3,2–4,8 mm.

Schutzgas: Argon oder Argon-Helium-Gemisch (70 % Argon + 30 % Helium), Durchfluss 30–50 L/min.

Pulvermaterial: Zirkonoxid-, Aluminiumoxid- oder Metalllegierungspulver mit einer Partikelgröße von 20–100 µm.

Die hervorragende Leistung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden beim Plasmaschneiden und -spritzen macht sie zu unverzichtbaren Materialien für hochfeste und hochpräzise Prozesse, die den technologischen Fortschritt und die Effizienzsteigerung in verwandten Branchen vorantreiben.

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

CTIA GROUP LTD

Zirconium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Zirconium Tungsten Electrode

Zirconium tungsten electrode is a non-radioactive welding electrode made by doping a small amount of zirconium oxide (ZrO₂) into a high-purity tungsten base. It is specifically optimized for AC TIG (Tungsten Inert Gas) welding. Its excellent arc stability and outstanding resistance to contamination make it the preferred choice for welding aluminum, magnesium, and their alloys.

2. Types of Zirconium Tungsten Electrode

Grade	Tip Color	ZrO ₂ Content (wt.%)	Characteristics & Applications
WZ3	Brown	0.2 - 0.4	Ideal for low to medium intensity AC welding; cost-effective
WZ38	White	0.7 - 0.9	Industry-standard grade with excellent overall performance

3. Standard Sizes & Packaging of Zirconium Tungsten Electrode

Diameter (mm)	Length (mm)	Regular Coloring	Packing:
1.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10 pcs/box
1.6	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.4	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
3.2	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
4.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
Remark	The sizes can be customized		

4. Applications of Zirconium Tungsten Electrode

- Welding of aluminum and aluminum alloys: such as doors, windows, frames, and automotive body structures
- Welding of magnesium and magnesium alloys: widely used in aerospace lightweight components
- AC welding of stainless steel (under specific low-current conditions)
- Precision welding in aerospace, rail transit, pressure vessels, etc.
- Used in automated welding systems and robotic torch assemblies

5. Procurement Information

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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

7.3 Andere industrielle Anwendungen von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Die Anwendungen von Zirkonium-Wolfram-Elektroden beschränken sich nicht nur auf das WIG-Schweißen und Plasmaprozesse, sondern spielen auch in High-Tech-Bereichen wie der Luft- und Raumfahrt, der Nuklearindustrie und der Herstellung medizinischer Geräte eine wichtige Rolle. Diese Bereiche stellen extrem hohe Leistungsanforderungen, und Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden aufgrund ihrer hohen Zuverlässigkeit, Durchbrennfestigkeit und Antikontaminationsfähigkeit häufig eingesetzt.

7.3.1 Luft- und Raumfahrt

Die Luft- und Raumfahrt stellt extrem hohe Anforderungen an Werkstoffe und Schweißverfahren, bei denen es um hochfeste Leichtbauwerkstoffe (z. B. Aluminiumlegierungen, Magnesiumlegierungen, Titanlegierungen) und komplexe Strukturen (z. B. Flugzeugrumpf, Triebwerkskomponenten) geht. Zirkonium-Wolfram-Elektroden haben wichtige Anwendungen beim WIG-Schweißen und Plasmaspritzen in der Luft- und Raumfahrt mit Vorteilen wie:

Hochpräzises Schweißen: Komponenten in der Luft- und Raumfahrt (wie der Rumpf der Boeing 787 aus Aluminiumlegierung und die Strukturteile aus Magnesiumlegierung des Airbus A350) erfordern fehlerfreie Schweißnähte und eine hohe Festigkeit. Die Zirkonium-Wolframelektrode (WZ8) bietet einen stabilen Lichtbogen und eine Anti-Kontaminationsfähigkeit beim AC-WIG-Schweißen und gewährleistet so die Schweißqualität. Beim Schweißen der Flügelhaut aus Aluminiumlegierung der Boeing 737 kann die WZ8-Elektrode beispielsweise hohen Strömen (200 bis 300 A) standhalten und die Lichtbogenstabilität aufrechterhalten.

Plasmaspritzen: Turbinenschaufeln von Flugzeugtriebwerken müssen mit hochtemperaturbeständigen Keramikbeschichtungen (wie Zirkonoxid oder Yttriumoxid) besprüht werden, und Zirkonium-Wolfram-Elektroden sorgen für einen stabilen Plasmalichtbogen beim Plasmaspritzen, der die Gleichmäßigkeit und Haftung der Beschichtung gewährleistet. Zum Beispiel werden beim Sprühen von Schaufeln von Rolls-Royce Trent XWB-Triebwerken häufig WZ8-Elektroden verwendet.

Leichte Materialien: Magnesium- und Aluminiumlegierungen werden zunehmend in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt, und die Antikontaminationsfähigkeiten und Lichtbogenkontrolleigenschaften von Zirkonium-Wolframelektroden machen sie hervorragend zum Schweißen dieser Materialien. Die Starship-Rakete von SpaceX verwendet beispielsweise Strukturteile aus Magnesiumlegierungen, und Zirkonium-Wolframelektroden sorgen für hochwertige Schweißnähte beim WIG-Schweißen.

Anwendungsfälle:

Flugzeugbau: Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden beim Rumpf- und Flügelschweißen von Aluminiumlegierungen in Boeing- und Airbus-Flugzeugen verwendet, um die strukturelle Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit zu gewährleisten.

Raketenherstellung: Zirkonium-Wolframelektroden werden häufig beim Schweißen von Raketenkomponenten für SpaceX und Blue Origin verwendet und erfüllen die Anforderungen an hohe Zuverlässigkeit und geringes Gewicht.

Herstellung von Satelliten: Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden zum Schweißen des Rahmens

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

aus Magnesiumlegierung von Satelliten und der Keramikbeschichtung von Plasmaspritzantennenreflektoren verwendet.

7.3.2 Nuklearindustrie

Die Nuklearindustrie stellt extrem hohe Anforderungen an Werkstoffe und Schweißprozesse, die hohe Temperaturen, hohe Strahlung und hochkorrosive Umgebungen mit sich bringen. Zirkonium-Wolfram-Elektroden haben wichtige Anwendungen beim Schweißen und Plasmaspritzen von Kernreaktorkomponenten, und zu ihren Vorteilen gehören:

Korrosionsbeständigkeit: Druckbehälter und Rohrleitungen von Kernreaktoren verwenden häufig Edelstahl oder Zirkoniumlegierungen, und Zirkonium-Wolframelektroden können Oxidverunreinigungen in korrosiven Umgebungen widerstehen und die Lichtbogenstabilität beim WIG-Schweißen aufrechterhalten. So sorgt die WZ8-Elektrode beispielsweise für hochwertige Schweißnähte beim Schweißen von Druckbehältern aus Edelstahl 316L.

Hohe Zuverlässigkeit: Die Nuklearindustrie verlangt keine Defekte und Risse in Schweißnähten, und die Lichtbogenstabilität und die Ausbrennfestigkeit von Zirkonium-Wolframelektroden erfüllen diese Anforderungen.

Plasmaspritzen: Abschirmmaterialien und Hochtemperaturkomponenten von Kernreaktoren müssen mit keramischen Beschichtungen beschichtet werden, und Zirkonium-Wolframelektroden gewährleisten die Gleichmäßigkeit und Haltbarkeit der Beschichtung beim Plasmaspritzen.

Anwendungsfälle:

Reaktorkomponenten: Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden verwendet, um das Gehäuse des Brennstabs aus Zirkoniumlegierung und die Kühlrohre aus Edelstahl von Kernreaktoren zu schweißen, um eine langfristige Zuverlässigkeit zu gewährleisten.

Abschirmmaterialien: Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden beim Plasmaspritzen verwendet, um keramische Abschirmbeschichtungen für Kernreaktoren herzustellen und so die Hochtemperaturbeständigkeit und Strahlungsbeständigkeit zu verbessern.

Umgang mit nuklearen Abfällen: Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden verwendet, um das Edelstahlgehäuse von Lagerbehältern für nukleare Abfälle zu schweißen und so Dichtheit und Korrosionsbeständigkeit zu gewährleisten.

7.3.3 Herstellung von Medizinprodukten

Die Herstellung medizinischer Geräte stellt extreme Anforderungen an die Schweißprozesse, die sich durch hohe Präzision, Kontaminationsfreiheit und Biokompatibilität auszeichnen. Zirkonium-Wolfram-Elektroden zeichnen sich durch WIG-Schweißen und Plasmaspritzen in der Herstellung von Medizinprodukten aus, mit Vorteilen wie:

Hochpräzises Schweißen: Medizinische Geräte (z. B. chirurgische Instrumente, Implantate) verwenden häufig Edelstahl 316L oder eine Titanlegierung, und die Zirkonium-Wolframelektrode (WZ3) sorgt für stabile Lichtbögen und spritzerfreie Schweißnähte beim Blechschweißen, wodurch

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

glatte Oberflächen und hygienische Standards gewährleistet werden. So wird beispielsweise das Titangehäuse eines Herzschrittmachers mit WZ3-Elektroden verschweißt.

Anti-Kontaminationsfähigkeit: Das Schweißen von medizinischen Geräten erfordert, dass die Schweißnaht frei von Verunreinigungen und Oxiden ist, und die Anti-Verschmutzungsfähigkeit der Zirkonium-Wolfram-Elektrode vermeidet die Kontamination der Schweißnaht durch Schadstoffe und erfüllt strenge medizinische Standards.

Plasmaspritzen: Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden zum Sprühen von biokompatiblen Beschichtungen (wie Hydroxylapatit) für orthopädische Implantate verwendet, um die Gleichmäßigkeit und Biokompatibilität der Beschichtung zu gewährleisten. Beim Sprühen von Hüftimplantaten kommen beispielsweise WZ8-Elektroden zum Einsatz.

Anwendungsfälle:

Chirurgische Instrumente: Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden zum Schweißen von Skalpell und Pinzetten aus Edelstahl verwendet, um glatte und ungiftige Schweißnähte zu gewährleisten.

Implantate: Zirkonium-Wolframelektroden sorgen für hohe Präzision und Zuverlässigkeit beim Schweißen und Plasmaspritzen von Titanknochenimplantaten.

Diagnosegeräte: Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden für das Schweißen von Edelstahlgehäusen für Röntgengeräte und CT-Scanner verwendet, um die strukturelle Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit zu gewährleisten.

7.4 Anwendung der Zirkonium-Wolfram-Elektrode in speziellen Umgebungen

Der Einsatz von Zirkonium-Wolfram-Elektroden in speziellen Umgebungen, wie z. B. hoher Luftfeuchtigkeit, hohen Temperaturen, hoher Strahlung oder Umgebungen mit korrosiven Gasen, zeigt ihre außergewöhnliche Anpassungsfähigkeit und Zuverlässigkeit. Diese Umgebungen stellen höhere Anforderungen an den Kontaminationsschutz, das Ausbrennen und die chemische Stabilität der Elektrode.

Umgebungen mit hoher Luftfeuchtigkeit: In der Schifffahrt und im Schiffbau können Schweißumgebungen eine hohe Luftfeuchtigkeit (>80 %) und Salznebel aufweisen. Die Beständigkeit gegen Verschmutzung und die chemische Stabilität von Zirkonium-Wolfram-Elektroden ermöglichen es ihnen, die Lichtbogenstabilität in diesen Umgebungen aufrechtzuerhalten. WZ8-Elektroden eignen sich beispielsweise hervorragend zum WIG-Schweißen von Aluminiumlegierungsstrukturen auf Offshore-Plattformen und sind resistent gegen Korrosion durch Meerwasser-Salzsprühnebel.

Hochtemperaturumgebung: Die Hochtemperaturumgebung (>10.000 °C) beim Plasmaschneiden und Spritzen stellt extrem hohe Anforderungen an die Ausbrennfestigkeit der Elektrode. Durch die Zirkoniumdioxid-Schutzschicht der Zirkonium-Wolfram-Elektrode (WZ8) kann das Ausbrennen der Spitze effektiv reduziert und die Lebensdauer verlängert werden. Beim Sprühen von Gasturbinenschaufeln arbeitet die WZ8-Elektrode beispielsweise mehr als 100 Stunden lang in einem Hochtemperatur-Plasmalichtbogen.

Umgebungen mit hoher Strahlung: Schweiß- und Sprühprozesse in der Nuklearindustrie können Umgebungen mit hoher Strahlung beinhalten, und die Nicht-Radioaktivität und die hohe Zuverlässigkeit von Zirkonium-Wolfram-Elektroden machen sie zur idealen Wahl. WZ8-Elektroden

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

sind beispielsweise in der Lage, den Auswirkungen von Strahlungsumgebungen beim Sprühen von Abschirmmaterialien für Kernreaktoren standzuhalten.

Korrosive Gasumgebungen: Beim Schweißen in der chemischen Industrie können chlor- oder sulfidhaltige Umgebungen zum Einsatz kommen, und die chemische Stabilität von Zirkonium-Wolframelektroden macht sie resistent gegen korrosive Gase. So sorgt die WZ3-Elektrode beispielsweise für eine stabile Lichtbogenleistung beim Schweißen von Chlorrohren aus Edelstahl.

Prozessoptimierung:

Schutzgas: Verwenden Sie in speziellen Umgebungen hochreines Argon oder Argon-Helium-Gemische (Durchflussmenge 15–25 l/min) für einen verbesserten Elektrodenschutz.

Elektrodenauswahl: WZ8 wird für Umgebungen mit hohem Strom und hoher Intensität bevorzugt, und WZ3 wird für das Schweißen von Niedrigstrom- oder dünnen Blechen ausgewählt.

Design der Spitze: In speziellen Umgebungen können stumpfe Winkelspitzen (45°–60°) verwendet werden, um die Stabilität des Lichtbogens zu verbessern.

Die hervorragende Leistungsfähigkeit von Zirkonium-Wolfram-Elektroden in speziellen Umgebungen macht sie in industriellen Anwendungen unter extremen Bedingungen unersetzlich.

7.5 Alternativen und Wettbewerbsanalyse von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Obwohl Zirkonium-Wolfram-Elektroden beim WIG-Schweißen und bei Plasmaprozessen erhebliche Vorteile bieten, konkurrieren auch andere Arten von Wolframelektroden und alternative Materialien in bestimmten Szenarien. Im Folgenden werden die Alternativen zu Zirkonium-Wolfram-Elektroden, ihre Vor- und Nachteile sowie die Wettbewerbssituation auf dem Markt analysiert:

Alternative Analyse

Reine Wolframelektrode (WP)

Vorteile: Reine Wolframelektroden sind nicht dotierend, nicht radioaktiv und haben eine hohe chemische Stabilität, wodurch sie für das Niedrigstrom-Gleichstromschweißen (DC) geeignet sind.

Nachteile: schlechte Lichtbogenstabilität, schwache Zündleistung, starkes Durchbrennen der Spitze und kurze Lebensdauer beim AC-Schweißen. Reine Wolframelektroden leisten beim Schweißen von Aluminiumlegierungen weit weniger als Zirkonium-Wolframelektroden.

Anwendbare Szenarien: Niedrigstrom-Gleichstromschweißen (z. B. kleine Edelstahlteile), nicht geeignet für Hochpräzisions- oder Wechselstromschweißen.

Thorium-Wolfram-Elektrode (WT20, enthält 1,5 %–2,0 % ThO₂).

Vorteile: Hervorragende Zündleistung, gute Lichtbogenstabilität, geeignet für Gleichstromschweißen, weit verbreitet beim Schweißen von Kohlenstoffstahl und Edelstahl.

Nachteile: Thoriumoxid ist leicht radioaktiv und birgt potenzielle Risiken für Gesundheit und Umwelt; Beim AC-Schweißen ist die Lichtbogenkonzentration nicht so gut wie bei Zirkonium-Wolfram-Elektroden.

Anwendbare Szenarien: Gleichstromschweißen von hochfestem Stahl, der jedoch in Bereichen mit

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

strengen Umweltschutzanforderungen schrittweise ersetzt wird.

Cer-Wolfram-Elektrode (WC20, enthält 2,0 % CeO₂)

Vorteile: Gute Zündleistung, nicht radioaktiv, geeignet für Niedrigstrom-Gleichstrom- und Wechselstromschweißen, niedrige Kosten.

Nachteile: Beim Hochstrom-Wechselstromschweißen ist die Lichtbogenstabilität etwas geringer als bei Zirkonium-Wolfram-Elektroden und die Lebensdauer ist kürzer.

Anwendungen: Kleine bis mittelgroße Schweißaufgaben, geeignet für kostensensible Anwendungen.

Lanthan-Wolfram-Elektroden (WL15, WL20, enthalten 1,0 %–2,0 % La₂O₃)

Vorteile: hervorragende Zündleistung, lange Lebensdauer, geeignet für Gleichstrom- und Wechselstromschweißen, starke Gesamtleistung.

Nachteile: Beim Hochstrom-Wechselstromschweißen ist die Lichtbogenkonzentration etwas geringer als bei Zirkonium-Wolframelektroden und die Kosten sind höher.

Anwendbare Szenarien: Allgemeine Schweißaufgaben, insbesondere hervorragende Leistungen beim Gleichstromschweißen.

Neue Komposit-Elektrode

Beschreibung: In den letzten Jahren haben wissenschaftliche Forschungseinrichtungen Komposit-Wolframelektroden entwickelt, die mit mehreren Oxiden dotiert sind (z. B. La₂O₃+CeO₂+ZrO₂), mit dem Ziel, die Vorteile verschiedener Elektroden zu kombinieren.

Vorteile: Hervorragende Gesamtleistung, kann Zirkonium-Wolfram-Elektroden in bestimmten Szenarien übertreffen.

Nachteile: Der Produktionsprozess ist komplex, die Kosten sind hoch und eine großflächige Industrialisierung ist noch nicht erreicht.

Anwendbare Szenarien: experimentelle Anwendungen oder kundenspezifisches High-End-Schweißen.

Wettbewerbsanalyse

Marktpositionierung: Zirkonium-Wolfram-Elektroden haben einzigartige Vorteile beim AC-WIG-Schweißen (insbesondere beim Schweißen von Aluminium- und Magnesiumlegierungen) und bei Plasmaprozessen und haben einen hohen Marktanteil im Bereich des hochpräzisen Schweißens. WZ8-Elektroden sind in der Luft- und Raumfahrt sowie in der Nuklearindustrie nahezu unersetzlich, während WZ3-Elektroden aufgrund ihrer Wirtschaftlichkeit in kleinen und mittelständischen Unternehmen weit verbreitet sind.

Umweltschutztrends: Mit der Verschärfung von Umweltvorschriften (wie z.B. der EU-REACH-Verordnung) werden Thoriumwolframelektroden aufgrund von Radioaktivitätsproblemen nach und nach durch Zirkoniumwolframelektroden und Cerwolframelektroden ersetzt. Die Nicht-Radioaktivität und die Antikontaminationsfähigkeit von Zirkonium-Wolfram-Elektroden machen sie auf dem europäischen und amerikanischen Markt wettbewerbsfähiger.

Kosten und Leistung: Die Kosten für Zirkonium-Wolfram-Elektroden sind höher als die von reinen Wolfram-Elektroden und Cer-Wolfram-Elektroden, aber niedriger als die von Lanthan-Wolfram-

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

Elektroden und neuen Komposit-Elektroden. Sein Leistungs-/Kostenverhältnis ist beim hochpräzisen AC-Schweißen von Vorteil, kann aber beim Niederstrom-DC-Schweißen durch Cer-Wolfram- oder Lanthan-Wolfram-Elektroden ersetzt werden.

Technologischer Fortschritt: Der Konkurrenzdruck bei Zirkonium-Wolfram-Elektroden ist unter anderem auf die Entwicklung neuer Kompositelektroden und der Nanotechnologie zurückzuführen. So befinden sich beispielsweise nanoskalige Zirkonium-dotierte Zirkonium-Wolfram-Elektroden in der Entwicklung, die die Leistung weiter verbessern können, aber die Kosten müssen noch optimiert werden.

Regionale Unterschiede: In Nordamerika und Europa dominieren Zirkonium-Wolfram-Elektroden aufgrund ihrer Umweltfreundlichkeit und hohen Leistung; In China und anderen Teilen Asiens haben Cer-Wolfram-Elektroden aufgrund ihrer geringen Kosten einen gewissen Marktanteil, aber Zirkonium-Wolfram-Elektroden dominieren nach wie vor in High-End-Anwendungen.

Zukunftstrends

Leistungsoptimierung: Nanodotierungs- und Verbindungsdotierungstechnologien werden eingesetzt, um die Lichtbogenstabilität und Lebensdauer von Zirkonium-Wolframelektroden zu verbessern und ihre Wettbewerbsfähigkeit bei hohen Strömen und speziellen Umgebungen zu erhöhen.

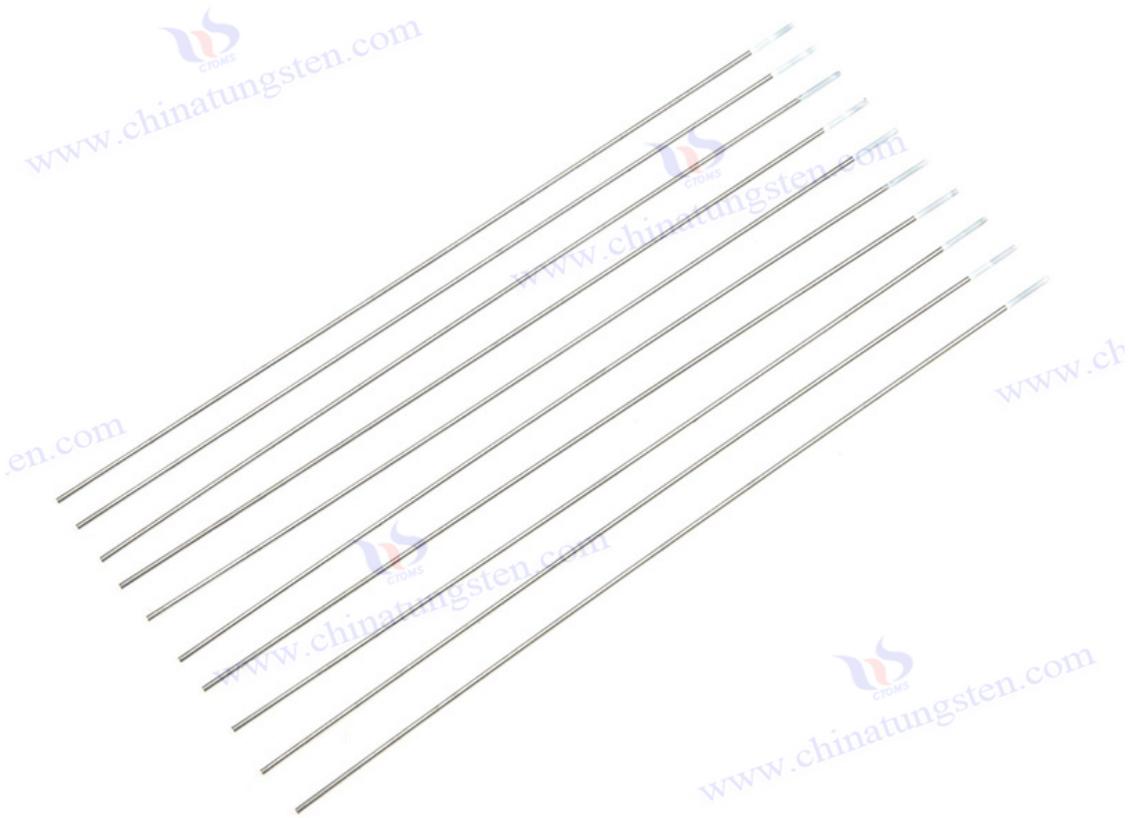
Green Manufacturing: Grüne Technologien und Schrottreycling bei der Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden die Marktattraktivität weiter erhöhen.

Neue Anwendungen: Mit der Entwicklung neuer Energiequellen (Windenergie, Solaranlagen) und der 3D-Drucktechnologie werden die potenziellen Anwendungen von Zirkonium-Wolfram-Elektroden in diesen Bereichen ihre Wettbewerbsfähigkeit auf dem Markt erhöhen.

Alternative Herausforderungen: Die Entwicklung neuer Kompositelektroden und nicht-wolframbasierter Elektroden (z. B. kohlenstoffbasierter Elektroden) kann eine langfristige Konkurrenz für Zirkonium-Wolfram-Elektroden darstellen, aber Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden kurzfristig die erste Wahl für hochpräzises Wechselstromschweißen bleiben.

Zirkonium-Wolfram-Elektroden nehmen mit ihren einzigartigen Vorteilen beim AC-Schweißen und bei Plasmaprozessen eine bedeutende Position im Bereich der hochpräzisen Industrie ein. Obwohl es im Wettbewerb mit Alternativen steht, wird es durch seine Ausgewogenheit von Leistung, Umweltfreundlichkeit und Kosten auch in Zukunft wettbewerbsfähig bleiben.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung



Kapitel 8 Produktionsanlagen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Die Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden ist ein hochpräziser High-Tech-Prozess, der von der Rohstoffverarbeitung bis zur Verarbeitung des fertigen Produkts mehrere Aspekte umfasst. Die Leistung von Produktionsanlagen wirkt sich direkt auf die Qualität, Leistungskonsistenz und Produktionseffizienz von Zirkonium-Wolfram-Elektroden aus. In diesem Kapitel werden die verschiedenen Arten von Geräten, die bei der Herstellung von Zirkonium-Wolframelektroden verwendet werden, im Detail untersucht, einschließlich Rohmaterialverarbeitungsanlagen, Press- und Umformanlagen, Sinter- und Wärmebehandlungsanlagen, Präzisionsverarbeitungsanlagen, Qualitätsprüfgeräte und technische Punkte für die Wartung und Optimierung von Geräten. Das Design, die Funktion und die betrieblichen Anforderungen jedes Gerätetyps werden in Verbindung mit den Produktionsanforderungen von Zirkonium-Wolframelektroden analysiert, um eine umfassende technische Referenz zu erhalten.

8.1 Anlagen zur Verarbeitung von Rohstoffen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Die Rohstoffaufbereitung ist der erste Schritt bei der Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden, bei dem hochreines Wolframpulver und Zirkoniumdioxid (ZrO_2) gemahlen, gemischt, gesiebt und sortiert wird. Rohstoffverarbeitungsanlagen müssen eine gleichmäßige Partikelgröße, eine hohe Dotierungsgleichmäßigkeit und eine Kontamination durch Verunreinigungen gewährleisten, um die strengen Anforderungen an die chemische Zusammensetzung von

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Zirkonium-Wolframelektroden (wie WZ3 und WZ8) zu erfüllen.

8.1.1 Mahl- und Mischanlagen

Schleifanlagen

Mahlanlagen werden verwendet, um die Partikelgröße von Wolframpulver und Zirkonoxidpulver zu verfeinern und seine Morphologie und Partikelgrößenverteilung zu optimieren, um die nachfolgenden Misch- und Sinterergebnisse zu verbessern. Zu den gängigen Schleifgeräten gehören:

Planetenkugelmühlen: Planetenkugelmühlen ermöglichen die Pulververedelung durch hochdrehende Mahlwannen und Mahlkugeln, wie z. B. Zirkonoxidkugeln oder Wolframkugeln. Zu den Ausstattungsmerkmalen gehören:

Fassungsvermögen: 10–100 L, geeignet für die Produktion kleiner bis mittlerer Serien.

Rotationsgeschwindigkeit: 200–600 U/min, einstellbar, um die Schleifintensität zu steuern.

Schleifmittel: Zirkonoxidkugeln (2–10 mm Durchmesser) oder Wolframkugeln zur Reduzierung von Verschmutzungen.

Kühlsystem: Ausgestattet mit Wasser- oder Luftkühlsystem, um eine Überhitzung des Pulvers während des Mahlens zu verhindern (Temperaturregelung < 50°C).

Anwendungen: Wolframpulver mit einer Partikelgröße von 10–20 µm bis 3–5 µm, Zirkonoxid von 1–2 µm bis 0,1–0,5 µm.

Luftstrommühle: Verwendet einen Hochgeschwindigkeits-Luftstrom (normalerweise Druckluft oder Stickstoff), um Pulverpartikel miteinander zu kollidieren und so eine ultrafeine Vermahlung zu erzielen. Zu den Ausstattungsmerkmalen gehören:

Kontrolle der Partikelgröße: Das Pulver kann bis in den Submikrometerbereich (<1 µm) raffiniert werden, geeignet für die Herstellung von nanoskaligem Zirkonoxid.

Keine Verschmutzung: Keine abrasiven Medien, wodurch das Einbringen von Verunreinigungen reduziert wird.

Effizienz: Einzeldurchsatz von bis zu 1–10 kg, geeignet für die Großserienproduktion.

Vibrierende Kugelmühle: Die Pulververmahlung erfolgt durch hochfrequente Vibration, geeignet für die experimentelle Produktion in kleinen Chargen. Zu den Ausstattungsmerkmalen gehören ein geringer Energieverbrauch und eine einfache Bedienung, aber die Mahleffizienz ist geringer als bei Planetenkugelmühlen.

Die Wahl der Mahlausrüstung muss entsprechend dem Produktionsmaßstab und den Anforderungen an die Pulverpartikelgröße festgelegt werden. Bei der Herstellung von High-End-Zirkonium-Wolfram-Elektroden (wie WZ8) werden beispielsweise tendenziell Luftstrommühlen verwendet, um das Mahlen von Zirkonoxid im Nanomaßstab zu erreichen, während in kleinen und mittleren Produktionsstätten Planetenkugelmühlen verwendet werden können.

Mischanlagen

Die Mischanlage wird verwendet, um Wolframpulver und Zirkonoxidpulver im Verhältnis (z. B. 0,3 % ZrO₂ für WZ3 und 0,8 % ZrO₂ für WZ8) zu mischen, um eine gleichmäßige Dotierung zu

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

gewährleisten. Zu den gängigen Mischgeräten gehören:

V-Mischer: Das Mischen von Pulver wird durch Drehen des V-förmigen Gefäßes erreicht, das für die Trockendotierung geeignet ist. Zu den Ausstattungsmerkmalen gehören:

Fassungsvermögen: 50–500 L, geeignet für mittlere bis große Produktionen.

Mischzeit: 2–4 Stunden, Mischgleichmäßigkeit > 99%.

Atmosphärenkontrolle: Ausgestattet mit einem Schutzsystem für Inertgas (z. B. Argon), um die Pulveroxidation zu verhindern.

Hochgeschwindigkeitsmischer: Das Mischen von Pulver wird mit Hilfe von Hochgeschwindigkeits-Mischpaddeln (500–1000 U/min) erreicht, die für die Trocken- und Nassdotierung geeignet sind.

Zu den Ausstattungsmerkmalen gehören:

Effizientes Mischen: Mischzeit 1-2 Stunden bei hoher Gleichmäßigkeit.

Flüssiges Medium: Zum Nassmischen kann deionisiertes Wasser oder Ethanol hinzugefügt werden, und es ist eine Sprühtrocknungsanlage erforderlich.

Ultraschall-Dispergierer: wird zum Nassdotieren, Dispergieren von Wolframpulver und Zirkonoxid in einem flüssigen Medium durch Ultraschallvibration (Frequenz 20–40 kHz) verwendet. Zu den Ausstattungsmerkmalen gehören:

Hohe Gleichmäßigkeit: Geeignet zum Mischen von nanoskaligem Zirkonoxid.

Kleinserienproduktion: Typischerweise < Durchsatz von 10 kg, geeignet für die High-End-Elektrodenproduktion.

Mischanlagen müssen mit einem präzisen Wiegesystem (z. B. elektronische Waage mit einer Genauigkeit $\pm 0,001$ g) ausgestattet sein, um sicherzustellen, dass das Zirkonoxidverhältnis der Zielqualität entspricht. Moderne Mischanlagen integrieren häufig SPS-Systeme (speicherprogrammierbare Steuerung), um die Mischparameter in Echtzeit zu überwachen.

8.1.2 Sieb- und Sortiereinrichtungen

Sieb- und Sortieranlagen werden eingesetzt, um die Partikelgrößenverteilung von Pulvern zu kontrollieren, übergroße oder kleine Partikel zu entfernen und sicherzustellen, dass die Rohstoffe den Produktionsanforderungen entsprechen. Zu den häufig verwendeten Geräten gehören:

Vibrationssieb: Das Pulver wird durch hochfrequente Vibrationen (1000–3000 Mal/min) nach Partikelgröße sortiert. Zu den Ausstattungsmerkmalen gehören:

Siebgröße: 10–50 μm , geeignet für die Sortierung von Wolframpulver (3–5 μm) und Zirkonoxid (0,1–1 μm).

Kadenz: 0,5–5 kg/min, geeignet für die Großserienproduktion.

Anti-Blockier-Design: Ausgestattet mit einer Ultraschall-Netzreinigungsvorrichtung, um ein Verstopfen des Sieblochs zu verhindern.

Airflow Classifier: Nutzt den Luftstrom, um Pulver nach Partikelgröße zu trennen, geeignet für die Klassifizierung von ultrafeinen Pulvern wie nanoskaligem Zirkonoxid. Zu den

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Ausstattungsmerkmalen gehören:

Sortiergenauigkeit: 0,1–10 µm Partikel können mit einer Genauigkeit $\pm 0,1$ µm abgeschieden werden.

Keine Verschmutzung: Verwenden Sie Inertgas (z. B. Stickstoff) als Sortiermedium, um Oxidation zu vermeiden.

Automatisierung: Ausgestattet mit einem automatischen Sammelsystem zur Verbesserung der Produktionseffizienz.

Zentrifugalsichter: Die Pulversortierung wird durch Zentrifugalkraft erreicht, geeignet für die Hochpräzisionsproduktion in kleinen Chargen. Zu den Merkmalen der Ausrüstung gehören eine hohe Planiergenauigkeit bei geringem Durchsatz (<1 kg/min).

Sieb- und Sortieranlagen müssen regelmäßig kalibriert werden, um sicherzustellen, dass die Partikelgrößenverteilung dem Standard entspricht (z. B. 3–5 µm für Wolframpulver D50 und 0,1–0,5 µm für Zirkonoxid D50). Moderne Geräte integrieren häufig Laser-Partikelgrößenanalytoren, um den Sortiereffekt in Echtzeit zu überwachen.

8.2 Press- und Umformanlagen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Press- und Umformanlagen werden eingesetzt, um gemischte Pulver zu Rohlingen zu pressen und so die Grundlage für das anschließende Sintern und Verarbeiten zu schaffen. Die Leistung der Ausrüstung wirkt sich direkt auf die Dichte, Festigkeit und Konsistenz der Knüppel aus.

8.2.1 Hydraulische Presse und isostatische Presse

Hydraulikflüssigkeit

Die Presse presst das Pulver durch starre Matrizen in zylindrische Knüppel, die für die Kleinserienproduktion oder Knüppel mit großem Durchmesser geeignet sind. Zu den Ausstattungsmerkmalen gehören:

Druckbereich: 50–100 MPa, einstellbar zur Steuerung der Knüppeldichte (50 %–60 % theoretische Dichte).

Formmaterial: Hartmetall oder hochfester Stahl, hohe Verschleißfestigkeit.

Produktivität: 10–30 Sekunden für eine einzige Presszeit, geeignet für Knüppel mit einem Durchmesser von 10–20 mm.

Steuerungssystem: Ausgestattet mit einem SPS-System zur präzisen Steuerung von Druck und Haltezeit.

Anwendungen: Geeignet für die Herstellung von Elektroden oder experimentellen Rohlingen in nicht standardmäßigen Größen.

Die Einschränkung von hydraulischen Pressen besteht darin, dass die Dichteverteilung der Knüppel ungleichmäßig sein kann, wodurch sie für das Pressen einfacher Formen geeignet sind.

Kaltisostatische Presse (CIP) Die kaltisostatische Presse wird gleichmäßig durch ein flüssiges Medium wie Wasser oder Öl aufgetragen, um einen gleichmäßigen Knüppel mit hoher Dichte zu bilden, der bei der Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden weit verbreitet ist. Zu den

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Ausstattungsmerkmalen gehören:

Druckbereich: 100–200 MPa, Knüppeldichte bis zu 60 %–70 % theoretische Dichte.

Formendesign: Flexible Formen (z. B. Gummi oder Polyurethan), um eine gleichmäßige Druckverteilung zu gewährleisten.

Durchsatz: Mehrere Knüppel (Durchmesser 10–20 mm, Länge 100–300 mm) können in einem Durchgang gepresst werden.

Automatisierung: Ausgestattet mit automatischen Be- und Entladesystemen zur Verbesserung der Produktionseffizienz.

Anwendung: Geeignet für die Massenproduktion von hochpräzisen Zirkonium-Wolfram-Elektrodenrohlingen.

Der Vorteil der kaltisostatischen Pressen liegt in der gleichmäßigen Dichte der Knüppel, wodurch Porosität und Risse während des Sinterprozesses reduziert werden. Moderne isostatische Pressen integrieren häufig Drucksensoren und Datenerfassungssysteme, um die Presswirkung in Echtzeit zu überwachen.

8.2.2 Konstruktion und Herstellung von Formen

Formen sind die Kernkomponenten von Press- und Umformanlagen, und ihre Konstruktion und Herstellung wirken sich direkt auf die Qualität der Knüppel aus. Folgende Faktoren sollten bei der Werkzeugkonstruktion berücksichtigt werden:

Materialauswahl: Die Form besteht in der Regel aus Hartmetall (z. B. WC-Co) oder hochfestem Stahl mit einer Härte von > 60 HRC und einer starken Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit.

Maßhaltigkeit: Die Toleranz des Innendurchmessers der Form $\pm 0,01$ mm, um einen gleichbleibenden Knüppeldurchmesser (10–20 mm) zu gewährleisten.

Oberflächengüte: Die innere Oberflächenrauheit der Form beträgt $Ra < 0,2 \mu\text{m}$, wodurch die Oberflächenfehler des Knüppels reduziert werden.

Strukturelles Design: Die Form muss über Demontage- und Reinigungsfunktionen verfügen, um die Wartung zu erleichtern. Bei kaltisostatischen Formen werden flexible Materialien wie Gummi verwendet, um eine gleichmäßige Druckübertragung zu gewährleisten.

Im Formenbau werden CNC-Bearbeitung (z. B. 5-Achsen-CNC-Maschinen) und Funkenerosion (EDM) eingesetzt, um eine hohe Präzision und die Realisierung komplexer Formen zu gewährleisten. Der moderne Werkzeugbau führt auch die Finite-Elemente-Analyse (FEA) ein, um die Spannungsverteilung während des Pressens zu simulieren und die Formstruktur zu optimieren.

8.3 Sinter- und Wärmebehandlungsanlagen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Sinter- und Wärmebehandlungsanlagen werden eingesetzt, um gepresste Rohlinge in dichte Elektrodenrohlinge umzuwandeln, innere Spannungen zu beseitigen und das Gefüge zu optimieren. Die Leistung des Geräts wirkt sich direkt auf die Dichte, Korngröße und Leistungsstabilität der Elektrode aus.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

CTIA GROUP LTD

Zirconium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Zirconium Tungsten Electrode

Zirconium tungsten electrode is a non-radioactive welding electrode made by doping a small amount of zirconium oxide (ZrO₂) into a high-purity tungsten base. It is specifically optimized for AC TIG (Tungsten Inert Gas) welding. Its excellent arc stability and outstanding resistance to contamination make it the preferred choice for welding aluminum, magnesium, and their alloys.

2. Types of Zirconium Tungsten Electrode

Grade	Tip Color	ZrO ₂ Content (wt.%)	Characteristics & Applications
WZ3	Brown	0.2 - 0.4	Ideal for low to medium intensity AC welding; cost-effective
WZ38	White	0.7 - 0.9	Industry-standard grade with excellent overall performance

3. Standard Sizes & Packaging of Zirconium Tungsten Electrode

Diameter (mm)	Length (mm)	Regular Coloring	Packing:
1.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10 pcs/box
1.6	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.4	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
3.2	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
4.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
Remark	The sizes can be customized		

4. Applications of Zirconium Tungsten Electrode

- Welding of aluminum and aluminum alloys: such as doors, windows, frames, and automotive body structures
- Welding of magnesium and magnesium alloys: widely used in aerospace lightweight components
- AC welding of stainless steel (under specific low-current conditions)
- Precision welding in aerospace, rail transit, pressure vessels, etc.
- Used in automated welding systems and robotic torch assemblies

5. Procurement Information

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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

8.3.1 Hochtemperatur-Sinterofen

Der Hochtemperatur-Sinterofen ist die Kernanlage für die Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden, mit der Knüppel bei 1800–2200°C gesintert werden, damit sich die Wolframpartikel binden und eine stabile Zirkonoxid-Dispersionsphase bilden können. Zu den häufig verwendeten Sinteröfen gehören:

Vakuum-Sinterofen

Merkmale: Vakuumgrad $< 10^{-3}$ Pa zur Verhinderung von Wolframoxidation; Temperaturbereich 1800–2200 °C mit einer Genauigkeit ± 5 °C.

Heizelement: Molybdän- oder Graphit-Heizkörper, ausgezeichnete Hochtemperaturbeständigkeit.

Sinterkapazität: 10–100 kg in einem Ofen, geeignet für mittlere bis große Produktionen.

Steuerungssystem: Ausgestattet mit SPS und Infrarot-Thermometer zur Überwachung von Temperatur und Vakuum in Echtzeit.

Anwendung: Geeignet für die Herstellung von hochreinen Zirkonium-Wolfram-Elektroden (z. B. WZ8), um einen niedrigen Sauerstoffgehalt ($< 0,005$ %) zu gewährleisten.

Wasserstoff-Sinterofen

Eigenschaften: Verwendung von hochreinem Wasserstoff ($> 99,999\%$) als Schutzatmosphäre, Durchflussmenge 10–50 l/min; Temperaturbereich 1800–2100°C.

Reduzierende Eigenschaften: Wasserstoff entfernt effektiv Sauerstoff und flüchtige Verunreinigungen aus dem Knüppel.

Sicherheitsdesign: Ausgestattet mit Wasserstoffleckererkennung und automatischem Abgassystem, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten.

Anwendung: Geeignet für die Massenproduktion, die Kosten sind niedriger als beim Vakuumsintern.

Mikrowellen-Sinterofen

Merkmale: Schnelles und gleichmäßiges Sintern durch Mikrowellenheizung (Frequenz 2,45 GHz) mit einer Sinterzeit von 2-4 Stunden und einer Energieeinsparung von 30%-40%.

Vorteile: Reduziertes Kornwachstum, optimiertes Gefüge (Korngröße 10–20 μm).

Einschränkungen: Hohe Ausrüstungskosten, geeignet für die High-End-Elektrodenproduktion.

Der Sinterofen muss mit einem präzisen Temperaturregelungssystem (Fehler $\leq \pm 10$ °C) und einem Atmosphärenkontrollsystem ausgestattet sein, um sicherzustellen, dass die Sinterdichte eine theoretische Dichte von 95 % bis 98 % und die Porosität $< 0,5$ % erreicht.

8.3.2 Vakuum-Wärmebehandlungsöfen

Vakuum-Wärmebehandlungsöfen werden eingesetzt, um innere Spannungen beim Pressen und Sintern zu beseitigen und die Kristallstruktur und die mechanischen Eigenschaften der Elektroden zu optimieren.

Zu den Ausstattungsmerkmalen gehören:

Temperaturbereich: 1200–1600 °C, Genauigkeit ± 5 °C.

Vakuumniveau: $< 10^{-2}$ Pa zur Verhinderung der Elektrodenoxidation.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Heizelement: Molybdän- oder Wolframdraht, ausgezeichnete Hochtemperaturbeständigkeit.

Kühlsystem: Ausgestattet mit einem Wasser- oder Luftkühlsystem zur Steuerung der Abkühlgeschwindigkeit (20–50 °C/h) zur Vermeidung von Spannungskonzentration.

Anwendung: Wird zum Glühen von gesinterten Knüppeln verwendet, um die Duktilität und Bruchfestigkeit zu verbessern.

Moderne Wärmebehandlungsöfen integrieren häufig mehrstufige Temperaturregelungsprogramme, um durch Computersteuerung präzise Heiz-, Warmhalte- und Kühlprofile zu erzielen. Einige High-End-Geräte sind auch mit einem Online-Überwachungssystem ausgestattet, um die Spannung und Mikrostrukturänderungen des Knüppels in Echtzeit zu erkennen.

8.4 Präzisionsbearbeitungsanlagen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Präzisionsbearbeitungsmaschinen werden verwendet, um gesinterte Rohlinge zu Elektrodenstäben zu verarbeiten, die den Spezifikationen entsprechen, einschließlich Ziehen, Schneiden und Oberflächenpolieren. Die Genauigkeit und Stabilität der Ausrüstung wirkt sich direkt auf die Maßtoleranz und die Oberflächenqualität der Elektrode aus.

8.4.1 Ziehmaschine und Schneidemaschine

Ziehmaschine

Die Ziehmaschine streckt den gesinterten Knüppel durch eine Reihe von Matrizen zu länglichen Elektrodenstäben (Durchmesser 1,0–6,4 mm). Zu den Ausstattungsmerkmalen gehören:

Zuggeschwindigkeit: 0,1–1 m/min, Servomotorsteuerung, Genauigkeit $\pm 0,01$ m/min.

Formmaterial: Hartmetall oder Diamant, Härte > 60 HRC, starke Verschleißfestigkeit.

Bahndesign: 10–20 Durchgänge, wobei der Durchmesser jedes Mal um 5 % bis 10 % reduziert wird.

Schmiersystem: Ausgestattet mit einer Schmiermittelsprühvorrichtung mit Graphit- oder Molybdändisulfid, um Kratzer auf der Oberfläche zu reduzieren.

Anwendung: Reduzieren Sie den Knüppeldurchmesser von 10–20 mm auf 1,0–6,4 mm mit einer Toleranz $\pm 0,05$ mm.

Moderne Ziehmaschinen verwenden CNC-Systeme, um die Zuggeschwindigkeit und -spannung automatisch anzupassen und so Mikrorisse und Oberflächenfehler zu reduzieren.

Schneidgeräte

Mit der Schneidemaschine werden die gezogenen Elektrodenstäbe in Standardlängen (z.B. 150 mm, 175 mm) geschnitten. Zu den häufig verwendeten Geräten gehören:

Drahterodieren: Schneiden durch Erodieren mit einer Genauigkeit $\pm 0,1$ mm, geeignet für hochpräzise Anforderungen.

Lasercutter: Verwendet einen Hochleistungslaser (Leistung 1–5 kW) für hohe Geschwindigkeit (0,5–2 m/min) und hohe Oberflächengüte ($Ra < 0,8 \mu\text{m}$).

Kühlsystem: Ausgestattet mit Wasser- oder Ölkühlung, um eine Überhitzung der Elektrode zu verhindern.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Anwendungen: Schneiden von Elektrodenstäben auf Standardlängen für das WIG-Schweißen und Plasmaschneiden.

8.4.2 Ausrüstung zum Polieren von Oberflächen

Oberflächenpoliergeräte werden verwendet, um die Oberflächengüte der Elektrodenoberfläche ($Ra < 0,4 \mu\text{m}$) zu verbessern und die Anhaftung von Verunreinigungen und die Lichtbogendrift zu reduzieren. Zu den häufig verwendeten Geräten gehören:

Rotationspoliermaschine: Die Oberflächenpolitur wird durch Drehen der Polierscheibe (1000–3000 U/min) und des Poliermediums (z. B. Aluminiumoxid oder Diamantsuspension) erreicht. Zu den Ausstattungsmerkmalen gehören:

Poliergenauigkeit: Oberflächenrauheit $Ra < 0,4 \mu\text{m}$.

Automatisierung: Ausgestattet mit einem automatischen Zuführsystem mit einem Durchsatz von 100–500 Fäden/Stunde.

Anwendung: Geeignet für das Polieren von Elektroden in großen Mengen.

Elektrochemische Poliermaschine: Entfernen Sie winzige Defekte auf der Elektrodenoberfläche durch elektrochemische Reaktionen, geeignet für hochpräzise Elektroden. Zu den Ausstattungsmerkmalen gehören:

Polierflüssigkeit: Elektrolyt auf Phosphorsäure- oder Sulfatbasis, umweltfreundliche Formulierung zur Reduzierung der Umweltverschmutzung.

Polierzeit: 10–30 Sekunden/Stück, hohe Effizienz.

Oberflächenqualität: $Ra < 0,2 \mu\text{m}$, nahe dem Spekulareffekt.

Laserpoliermaschine: Verwendet einen Laserstrahl (Leistung 500–2000 W), um die Elektrodenoberfläche zu nivellieren, geeignet für die Herstellung von High-End-Elektroden. Zu den Ausstattungsmerkmalen gehören eine hohe Genauigkeit ($Ra < 0,1 \mu\text{m}$) und eine berührungslose Verarbeitung.

Poliergeräte sollten mit einem Staubsammelsystem ausgestattet sein, um zu verhindern, dass Wolframpulver und Zirkonoxidstaub die Umwelt während des Poliervorgangs belasten.

8.5 Qualitätsprüfgeräte für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Qualitätsprüfgeräte werden eingesetzt, um sicherzustellen, dass die chemische Zusammensetzung, Mikrostruktur, Maßgenauigkeit und Oberflächenqualität von Zirkonium-Wolframelektroden internationalen Standards (z. B. ISO 6848, AWS A5.12, GB/T 4187) entsprechen. Zu den häufig verwendeten Geräten gehören:

Geräte zur Analyse der chemischen Zusammensetzung

Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS): Nachweis von Verunreinigungen (z. B. Fe, Si, $C < 0,005 \%$) in Wolframpulver und Zirkonoxid mit einer Genauigkeit $\pm 0,001 \%$.

Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA): Schnelle Analyse des Zirkonoxidgehalts (z. B. 0,3 % für

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

WZ3 und 0,8 % für WZ8), geeignet für die Online-Detektion.

Geräte zur Mikrostrukturanalyse

Rasterelektronenmikroskopie (REM): Analysieren Sie die Korngröße (10–20 µm) und die Gleichmäßigkeit der Zirkonoxidverteilung der Elektroden.

Röntgendiffraktometer (XRD): Erkennt die Kristallstruktur und die Phasenzusammensetzung, um sicherzustellen, dass keine Streuphasen entstehen.

Geräte zur Maßprüfung

Laser-Entfernungsmesser: Misst den Elektrodendurchmesser (Toleranz $\pm 0,05$ mm) und die Länge (Toleranz ± 1 mm).

Oberflächenrauheitsmessgerät: Erfasst die Oberflächenrauheit der Elektrode ($Ra < 0,4$ µm).

Geräte zur Erkennung von Defekten

Ultraschalldetektor: Erkennt innere Risse und Poren in Knüppeln und fertigen Elektroden mit einer Genauigkeit $\pm 0,1$ mm.

Röntgenprüfgerät: Zerstörungsfreie Erkennung von internen Fehlern, geeignet für die Großserienproduktion.

Moderne Prüfgeräte integrieren häufig Datenerfassungssysteme, um die Nachweisergebnisse durch Algorithmen der künstlichen Intelligenz zu analysieren und so die Erkennungseffizienz und -genauigkeit zu verbessern.

8.6 Wartung und Optimierung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Die Wartung und Optimierung der Ausrüstung ist der Schlüssel zur Sicherstellung der Produktionskontinuität und der Elektrodenqualität, einschließlich regelmäßiger Wartung, Fehlerdiagnose und Leistungsoptimierung.

Wartung der Ausrüstung

Regelmäßige Inspektionen: Monatliche Überprüfung des Betriebszustands von Schleif-, Misch-, Sinter- und Verarbeitungsanlagen, Kalibrierung von Sensoren und Steuerungssystemen.

Schmierung und Reinigung: Reinigen Sie die Form und die Ziehmaschine regelmäßig und fügen Sie Schmiermittel wie Graphit hinzu, um den Verschleiß zu reduzieren.

Austausch von Komponenten: Ersetzen Sie regelmäßig verschlissene Teile (z. B. Heizelemente in Sinteröfen, Formen in Ziehmaschinen), um die Leistung der Geräte sicherzustellen.

Sicherheitsmanagement: Wasserstoff-Sinteröfen sollten mit einer Leckageerkennung und automatischen Absaugsystemen ausgestattet sein, um Sicherheitsunfälle zu vermeiden.

Optimierung der Ausrüstung

Automatisierungs-Upgrade: Einführung des industriellen Internets der Dinge (IIoT) und SCADA-Systeme zur Überwachung des Anlagenstatus und der Produktionsdaten in Echtzeit, wodurch die Produktionseffizienz um 10 % bis 20 % verbessert wird.

Intelligente Transformation: Algorithmen des maschinellen Lernens werden eingesetzt, um

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Anlagenparameter (z. B. Sintertemperatur, Auszugsgeschwindigkeit) zu optimieren und die Ausschussraten (<1 %) zu reduzieren.

Umweltfreundliche Nachrüstung: Installieren Sie Abwärmerückgewinnungssysteme und hocheffiziente Entstaubungsanlagen, um den Energieverbrauch und die Staubemissionen (< 10 mg/m³) zu reduzieren.

Modularer Aufbau: Es wird eine modulare Gerätestruktur verwendet, die einfach zu warten und aufzurüsten ist und Ausfallzeiten reduziert.

Die Kombination aus Anlagenwartung und -optimierung gewährleistet den stabilen Betrieb und die hohe Effizienz der Produktionslinie für Zirkonium-Wolframelektroden und erfüllt die Anforderungen hochpräziser industrieller Anwendungen.



Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Kapitel 9 In- und ausländische Normen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Als Schlüsselmaterial für die Wolfram-Schutzgasabschirmung (WIG-Schweißen) und das Plasmaschneiden müssen Zirkonium-Wolframelektroden strenge nationale und internationale Standards für ihre Leistung und Qualität erfüllen. Die Standardisierung stellt die chemische Zusammensetzung, die physikalischen Eigenschaften, die Maßgenauigkeit und die Anwendungskonsistenz von Zirkonium-Wolfram-Elektroden sicher und erfüllt die Anforderungen hochpräziser Bereiche wie Luft- und Raumfahrt, Automobilbau und Nuklearindustrie. In diesem Kapitel werden die internationalen Normen (z. B. ISO 6848, AWS A5.12) und inländischen Normen (z. B. GB/T 4187) für Zirkonium-Wolframelektroden ausführlich erörtert, deren spezifische Inhalte und Anforderungen analysiert, die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen in- und ausländischen Normen verglichen und der Aktualisierungs- und Entwicklungstrend der Normen angesehen.

9.1 Internationale Normen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Internationale Normen enthalten einheitliche Spezifikationen für die Herstellung, Prüfung und Anwendung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden, die im globalen Handel und in der industriellen Produktion weit verbreitet sind. Zu den wichtigsten internationalen Normen gehören die ISO 6848 der International Organization for Standardization (ISO) und AWS A5.12 der American Welding Society (AWS).

9.1.1 ISO-Normen (e.g. ISO 6848)

ISO 6848 (die neueste Version ist ISO 6848:2015, Lichtbogenschweißen und -schneiden — Nicht abschmelzende Wolframelektroden — Klassifizierung) ist eine internationale Norm für Zirkonium-Wolframelektroden, die die Klassifizierung, die chemische Zusammensetzung, die Leistungsanforderungen und die Prüfverfahren für nicht abschmelzbare Wolframelektroden festlegt. Diese Norm gilt für Wolframelektroden beim WIG-Schweißen und Plasmaschneiden, einschließlich Zirkonium-Wolframelektroden (WZ-Serie).

Standardinhalt:

Klassifizierung: Zirkonium-Wolframelektroden werden nach dem Gehalt an Zirkonoxid (ZrO_2) klassifiziert, wobei hauptsächlich WZ3 (0,15 %–0,4 % ZrO_2) und WZ8 (0,7 %–0,9 % ZrO_2) enthalten sind. Die Norm definiert auch andere Arten von Wolframelektroden, wie z. B. reines Wolfram (WP), Thoriumwolfram (WT) und Cerwolfram (WC).

Chemische Zusammensetzung: Der Toleranzbereich der Reinheit der Wolframmatrix (>99,5 %) und des Zirkonoxidgehalts ist angegeben, und der Gehalt an Verunreinigungen (wie Fe, Si, C) sollte unter 0,005 % kontrolliert werden.

Leistungsanforderungen: einschließlich Lichtbogenstabilität, Zündleistung und Durchbrennfestigkeit. Zirkonium-Wolfram-Elektroden müssen beim Wechselstromschweißen (AC) eine hervorragende Lichtbogenkonzentration und Anti-Kontaminationsfähigkeit aufweisen.

Prüfmethode: einschließlich Analyse der chemischen Zusammensetzung (mittels ICP-MS oder RFA), Lichtbogenleistungsprüfung (Messung der Zündspannung und Lichtbogenstabilität unter Standardschweißbedingungen) und Prüfung der Oberflächenqualität (Oberflächenrauheit $Ra < 0,8$).

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

µm).

Kennzeichnung und Verpackung: Die Elektrodenoberfläche muss mit der Sorte (z. B. WZ8), dem Durchmesser und der Länge gekennzeichnet sein, und die Verpackung muss feuchtigkeits- und staubdicht sein und von einer Konformitätsbescheinigung begleitet werden.

Anwendungen: ISO 6848 eignet sich weltweit für das WIG-Schweißen und Plasmaschneiden, insbesondere in stark nachgefragten Szenarien wie der Luft- und Raumfahrt, dem Schiffbau und der Automobilherstellung. So schweißten Boeing und Airbus Bauteile aus Aluminiumlegierungen mit Zirkonium-Wolfram-Elektroden nach ISO 6848.

Eigenschaften und Vorteile:

Globale Anwendbarkeit: ISO 6848 wird von den meisten Ländern und Regionen der Welt anerkannt und erleichtert den internationalen Handel und die grenzüberschreitende Produktion.

Strenge Qualitätskontrolle: Die Norm verlangt eine detaillierte chemische Zusammensetzung und Leistung, um die Konsistenz und Zuverlässigkeit der Elektroden zu gewährleisten.

Umweltorientierung: Förderung der Verwendung von nicht-radioaktiven Zirkonium-Wolfram-Elektroden und schrittweise Austausch von Thorium-Wolfram-Elektroden (WT20).

9.1.2 AWS-Standards (z. B. AWS A5.12)

AWS A5.12/A5.12M:2009 (Specification for Tungsten and Oxide Dispersed Tungsten Electrodes for Arc Welding and Cutting) ist eine Wolframelektrodennorm, die von der American Welding Society entwickelt wurde und auf dem nordamerikanischen Markt weit verbreitet ist und die Klassifizierungs-, Leistungs- und Prüfanforderungen von Zirkonium-Wolframelektroden abdeckt.

Standardinhalt:

Klassifizierung: Zirkonium-Wolframelektroden werden in EWZr-1 (WZ8, mit 0,7 %–0,9 % ZrO₂) und EWZr-3 (WZ3, mit 0,15 %–0,4 % ZrO₂) unterteilt. Die Norm umfasst auch andere Elektrodentypen wie reines Wolfram (EWP), Thoriumwolfram (EWTh-2) und Cerwolfram (EWC-2).

Chemische Zusammensetzung: Die Reinheit der Wolframmatrix muss 99,5 % >, die Toleranz des Zirkonoxidgehalts beträgt ±0,05 % und der Gehalt an Verunreinigungen (wie Fe und Si) beträgt <0,005 %.

Leistungsanforderungen: Betonen Sie die Lichtbogenstabilität, die Durchbrennfestigkeit und die Verschmutzungsbeständigkeit von Zirkonium-Wolframelektroden beim Wechselstromschweißen, die besonders für das Schweißen von Aluminium- und Magnesiumlegierungen geeignet sind.

Prüfmethoden: einschließlich Analyse der chemischen Zusammensetzung (durch Spektroskopie), Prüfung der Lichtbogenleistung (Messung der Zündspannung <50 V und der Lichtbogendrifterate <5 %) und Prüfung der Oberflächenqualität (Ra<0,8 µm).

Abmessungen und Markierungen: Geben Sie den Elektrodendurchmesser (1,0 bis 6,4 mm) und die Länge (75 bis 300 mm) an und verlangen Sie AWS-Klassifizierungs-codes (z. B. EWZr-1) auf der Oberfläche.

Anwendungen: AWS A5.12 hat einen großen Einfluss auf den nordamerikanischen Markt,

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

insbesondere in der Automobil-, Luft- und Raumfahrt- und Energieindustrie. Zum Beispiel sind sowohl das Schweißen von Aluminiumkarosserien von Tesla als auch das Sprühen von Gasturbinenkomponenten von General Electric erforderlich, um die AWS A5.12-Standards zu erfüllen.

Eigenschaften und Vorteile:

Detaillierte Leistungsprüfung: Die Standardprüfmethoden für Lichtbogenleistung und Durchbrennfestigkeit sind spezifischer und eignen sich daher für hochpräzise Anwendungen.

Regionale Behörde: AWS-Standards sind auf dem nordamerikanischen Markt hoch anerkannt und erleichtern die lokale Produktion und Zertifizierung.

Starke Kompatibilität: Es hat ein hohes Maß an Übereinstimmung mit ISO 6848 in Bezug auf Klassifizierung und Anforderungen, was für die Koordination internationaler Standards praktisch ist.

9.2 Nationale Normen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Als weltweit größtes Land für Wolframressourcen und Produzent von Zirkonium-Wolfram-Elektroden hat China eine Reihe von inländischen Normen entwickelt, die die Herstellung, Prüfung und Anwendung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden abdecken. Zu den wichtigsten Standards gehören nationale Standards (GB/T-Standards) und Industriestandards sowie interne Standards.

9.2.1 GB/T Standard

GB/T 4187-2017 (Wolframelektroden) ist eine chinesische nationale Norm, die die Klassifizierung, die chemische Zusammensetzung, die Leistungsanforderungen und die Prüfverfahren von Wolframelektroden festlegt und für das WIG-Schweißen und Plasmaschneiden geeignet ist.

Standardinhalt:

Klassifizierung: Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden neben anderen Arten von Wolframelektroden (z. B. WT20, WC20) in WZ3 (0,15 %–0,4 % ZrO₂) und WZ8 (0,7 %–0,9 % ZrO₂) unterteilt.

Chemische Zusammensetzung: Wolframmatrix-Reinheit >99,5%, Toleranz des Zirkonoxidgehalts ±0,05%, Gehalt an Verunreinigungen (wie Fe, Si, C) <0,005%.

Leistungsanforderungen: Zirkonium-Wolfram-Elektroden müssen beim Wechselstromschweißen eine hervorragende Lichtbogenstabilität (Lichtbogendriftrate <5 %), Zündleistung (Zündspannung <50 V) und Ausbrennfestigkeit (Lebensdauer ist 2-3 Mal länger als bei reinen Wolframelektroden) aufweisen.

Prüfmethoden: einschließlich Analyse der chemischen Zusammensetzung (ICP-MS oder RFA), Lichtbogenleistungsprüfung (durchgeführt an Standard-AC-Schweißgeräten) und Prüfung der Oberflächenqualität (Ra<0,8 µm).

Abmessungen und Verpackung: Angegebener Elektrodendurchmesser (1,0–6,4 mm) und Länge (75–300 mm), feuchtigkeits- und staubdichte Verpackung erforderlich, begleitet von einer Konformitätsbescheinigung.

Anwendungen: GB/T 4187 wird häufig in der chinesischen Luft- und Raumfahrt, im Automobilbau, im Schiffbau und in der Nuklearindustrie eingesetzt. Zum Beispiel muss das Schweißen von

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Flugzeugkomponenten von AVIC und das Rumpfschweißen von CSIC diese Norm erfüllen.

Eigenschaften und Vorteile:

Anpassung an den chinesischen Markt: Die Norm kombiniert die Vorteile chinesischer Wolframressourcen, um Produktions- und Prüfanforderungen zu optimieren, die für die Großserienproduktion geeignet sind.

Strenge Kontrolle von Verunreinigungen: Die Anforderungen an den Gehalt an Verunreinigungen entsprechen den internationalen Standards und gewährleisten die Qualität der Elektroden.

Umweltorientierung: Fördern Sie die Verwendung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden anstelle von Thorium-Wolfram-Elektroden in Übereinstimmung mit den Umweltvorschriften.

9.2.2 Industriestandards und Unternehmensstandards

Zusätzlich zu den nationalen Standards hat China eine Reihe von Industriestandards und Unternehmensstandards entwickelt, um den Anforderungen bestimmter Branchen oder Unternehmen gerecht zu werden.

Industriestandards:

YS/T 231-2016 (Industriestandard für Wolframelektroden): Formuliert vom Institut für Nichteisenmetalltechnologie und Wirtschaft, das den Produktionsprozess und die Anforderungen an die Qualitätskontrolle von Zirkonium-Wolframelektroden verfeinert und für den Bereich des Nichteisenmetallschweißens geeignet ist.

JB / T 4744-2007 (Wolframelektrode zum Schweißen): Formuliert von der Federation of Machinery Industries, konzentriert es sich auf die Regulierung der Anwendung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden im Maschinenbau, wobei der Schwerpunkt auf der Lichtbogenleistung und der Anti-Pollution-Fähigkeit liegt.

Industriestandards werden häufig durch GB/T 4187 ergänzt und bieten spezifischere Anforderungen für bestimmte Branchen (z. B. Luftfahrt, Schiffe).

Unternehmensstandards:

Große inländische Wolframelektrodenhersteller haben interne Unternehmensstandards (Q/Enterprise Codes) formuliert, die auf der Grundlage von GB/T 4187 weiter verfeinert werden. Zum Beispiel:

Chemische Zusammensetzung: Die Toleranz des Zirkonoxidgehalts muss $\pm 0,03\%$ betragen und der Verunreinigungsgehalt beträgt $< 0,003\%$.

Oberflächenqualität: Erfordert eine Oberflächenrauheit von $Ra < 0,4 \mu\text{m}$, um High-End-Schweißanforderungen zu erfüllen.

Leistungstests: Zusätzliche Anti-Kontaminationstests (z. B. Lichtbogenstabilitätstests in einer oxidhaltigen Umgebung).

Unternehmensstandards sind in der Regel strenger als nationale Standards, um den Anforderungen von High-End-Märkten (z. B. Luft- und Raumfahrt, Nuklearindustrie) gerecht zu werden.

Eigenschaften und Vorteile:

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Flexibilität: Industrie- und Unternehmensnormen können schnell auf die Marktnachfrage reagieren und die Mängel nationaler Normen ausgleichen.

Anpassung: Unternehmensstandards optimieren die Anforderungen für bestimmte Kunden oder Anwendungsszenarien, wie z. B. das Hochstrom-AC-Schweißen.

Wettbewerbsfähigkeit auf dem Markt: Verbesserung der Produktqualität durch strengere Standards und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit auf dem internationalen Markt.

9.3 Inhalt und Anforderungen der Normen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Nationale und internationale Normen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden stellen detaillierte Anforderungen an die chemische Zusammensetzung, die physikalischen Eigenschaften und die Maßtoleranzen, um ihre Leistung und Konsistenz beim WIG-Schweißen und Plasmaschneiden zu gewährleisten. Dabei wird unter drei Aspekten analysiert: chemische Zusammensetzung, physikalische Eigenschaften und Maßtoleranzen.

9.3.1 Anforderungen an die chemische Zusammensetzung

Die chemische Zusammensetzung ist das Herzstück der Qualität von Zirkonium-Wolframelektroden und wirkt sich direkt auf ihre Lichtbogenstabilität, Zündleistung und Durchbrennfestigkeit aus. Die Anforderungen an die chemische Zusammensetzung sind in in- und ausländischen Normen sehr konsistent, hauptsächlich einschließlich:

Wolfram-Matrix:

Reinheit: >99,5 % (ISO 6848, AWS A5.12, GB/T 4187), wodurch der hohe Schmelzpunkt (ca. 3422 °C) und die chemische Stabilität der Elektrode gewährleistet werden.

Gehalt an Verunreinigungen: Der Gesamtgehalt an Eisen (Fe), Silizium (Si), Kohlenstoff (C) und anderen Verunreinigungen <0,005 % und die einzelne Verunreinigung < 0,002 %. Übermäßige Verunreinigungen können zu einer Instabilität des Lichtbogens oder zum Abbrennen der Elektrode führen.

Prüfmethode: ICP-MS (Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma) oder RFA (Röntgenfluoreszenzspektroskopie) wird verwendet, um eine Genauigkeit von ± 0,001 % zu gewährleisten.

Zirkonoxid (ZrO₂):

WZ3: 0,15 %–0,4 % (Toleranz ±0,05 %) für Wechselstromschweißen mit niedrigem bis mittlerem Strom (50–150 A).

WZ8: 0,7 %–0,9 % (Toleranz ±0,05 %) für Hochstromschweißen (150–400 A).

Anforderungen an die Kristallform: Zirkonoxid ist hauptsächlich monoklines ZrO₂, um eine hohe Temperaturstabilität zu gewährleisten.

Prüfmethode: Nachweis des Zirkonoxidgehalts durch RFA oder chemische Titration mit einer Genauigkeit von ±0,01 %.

Weitere Anforderungen:

Die Verwendung von radioaktiven Materialien (wie z.B. Thoriumoxid) ist verboten, um den Umweltschutz der Elektroden zu gewährleisten.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Der Sauerstoffgehalt $< 0,005 \%$, um Elektrodenoxidation und Leistungseinbußen zu vermeiden.

Die strenge Kontrolle der Anforderungen an die chemische Zusammensetzung gewährleistet die Zuverlässigkeit und Konsistenz von Zirkonium-Wolframelektroden beim hochpräzisen Schweißen.

9.3.2 Anforderungen an die physikalische Leistungsfähigkeit

Die Anforderungen an die physikalischen Eigenschaften umfassen die Lichtbogenstabilität, die Zündleistung, die Ausbrennfestigkeit und die Verschmutzungsbeständigkeit, was sich direkt auf die Anwendungswirkung von Zirkonium-Wolframelektroden auswirkt. Zu den Standardprüfmethoden und Indikatoren für physikalische Eigenschaften gehören:

Lichtbogen-Stabilität:

Anforderungen: Lichtbogendrift $< 5 \%$ (aktuell 150–400 A unter Standard-AC-Schweißbedingungen).

Prüfverfahren: Mit Hilfe von Hochfrequenz-AC-WIG-Schweißgeräten werden die Lichtbogenform und der Driftweg gemessen (durch Hochgeschwindigkeitsfotografie oder Lichtbogenanalysator).

Eigenschaften der Zirkonium-Wolfram-Elektrode: WZ8 hat eine bessere Lichtbogenkonzentration als WZ3 beim Hochstrom-Wechselstromschweißen und eignet sich zum Schweißen von dicken Aluminiumlegierungen. WZ3 eignet sich für das Schweißen von dünnen Blechen, und die Lichtbogenstabilität ist immer noch besser als bei reinen Wolframelektroden.

Zündleistung:

Anforderungen: Zündspannung $< 50 \text{ V}$, Zünderfolgsrate $> 99 \%$ (unter hochfrequenten Wechselstrombedingungen).

Prüfverfahren: Mehrfachzündtests werden an Standard-Schweißgeräten durchgeführt, wobei die Zündspannung und die Erfolgsquote aufgezeichnet werden.

Eigenschaften der Zirkonium-Wolfram-Elektrode: Die geringe Elektronenaustrittsarbeit (2,7–3,0 eV) ermöglicht eine schnelle Entzündung der Zirkonium-Wolfram-Elektrode beim Hochfrequenz-Wechselstromschweißen, was besser ist als die reine Wolframelektrode (4,5 eV).

Brennfestigkeit:

Anforderungen: Ausbrennrage der Elektrodenspitze $< 0,1 \text{ mm/h}$ beim Hochstromschweißen (200–400 A).

Prüfmethode: Mehrstündiger Dauerbetrieb unter Standardschweißbedingungen, Messung von Änderungen der Spitzengröße (mit Mikroskop oder Laser-Entfernungsmesser).

Eigenschaften der Zirkonium-Wolfram-Elektrode: Der dispergierte Phasenschutz von Zirkonoxid macht die Lebensdauer der WZ8-Elektrode 2-3 mal länger als die der reinen Wolframelektrode, und die Lebensdauer der WZ3-Elektrode wird auch bei mäßigem Strom erheblich verlängert.

Anti-Verschmutzungs-Fähigkeit:

Anforderungen: In der Schweißumgebung, die Oxide (wie z.B. Al_2O_3 , MgO) enthält, gibt es keine offensichtliche Verschmutzung auf der Elektrodenoberfläche und die Lichtbogenstabilität wird bei $> 95 \%$ gehalten.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Prüfmethode: Führen Sie Schweißtests in einer simulierten Verschmutzungsumgebung durch, um den Grad der Oberflächenverschmutzung der Elektrode und die Lichtbogenleistung zu beobachten. Eigenschaften von Zirkonium-Wolfram-Elektroden: Chemische Stabilität und hohe Oberflächengüte ($R_a < 0,4 \mu\text{m}$) machen sie besser als Thorium-Wolfram- und Cer-Wolfram-Elektroden beim Schweißen von Aluminium- und Magnesiumlegierungen.

9.3.3 Abmessungen und Toleranzanforderungen

Maß- und Toleranzanforderungen gewährleisten die geometrische Konsistenz von Zirkonium-Wolframelektroden und erfüllen die Anforderungen von Schweißgeräten und -prozessen. Zu den Standardanforderungen an Abmessungen und Toleranzen gehören:

Durchmesser:

Bereich: 1,0–6,4 mm (gängige Spezifikationen sind 1,6 mm, 2,4 mm, 3,2 mm, 4,0 mm).

Toleranzen: $\pm 0,05$ mm (ISO 6848, AWS A5.12, GB/T 4187), um die Kompatibilität mit Schweißzangenfutter zu gewährleisten.

Prüfmethode: Gemessen mit einem Laser-Entfernungsmesser oder einem hochpräzisen Messschieber.

Länge:

Reichweite: 75–300 mm (gängige Spezifikationen sind 150 mm, 175 mm).

Toleranz: ± 1 mm, um den Anforderungen verschiedener Schweißgeräte gerecht zu werden.

Prüfmethode: Mit CNC-Messgeräten oder Lineal prüfen.

Oberfläche:

Anforderungen: Oberflächenrauheit $R_a < 0,8 \mu\text{m}$ ($R_a < 0,4 \mu\text{m}$ nach dem Polieren) ohne Risse, Kratzer oder Oxide.

Prüfmethode: Untersuchung mit einem Oberflächenrauheitsmessgerät und einem Mikroskop.

Eigenschaften der Zirkonium-Wolframelektrode: Die hohe Oberflächengüte reduziert die Anhaftung von Verunreinigungen und verbessert die Lichtbogenstabilität.

Geometrie der Spitze:

Anforderungen: Spitzenwinkel 30° – 60° (AC-Schweißdurchbiegung 45° – 60° , DC-Schweißdurchbiegung spitzer Winkel 30° – 45°), Toleranz $\pm 2^\circ$.

Prüfmethode: Überprüfung mit einem Winkelmessgerät oder Mikroskop.

Die strenge Kontrolle von Abmessungen und Toleranzen gewährleistet die Kompatibilität und Leistungsstabilität von Zirkonium-Wolframelektroden in automatisierten Schweißgeräten.

9.4 Vergleich und Abstimmung von in- und ausländischen Normen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

In- und ausländische Normen weisen große Ähnlichkeiten in der Klassifizierung, der chemischen Zusammensetzung, den Leistungsanforderungen und den Prüfverfahren von Zirkonium-Wolfram-Elektroden auf, aber es gibt auch gewisse Unterschiede. Hier ist ein Vergleich mehrerer

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Dimensionen und die Möglichkeit der Koordination:

Klassifizierung und Benennung:

ISO 6848: Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden nach dem Zirkoniumdioxidgehalt in WZ3 und WZ8 unterteilt.

AWS A5.12: Unterteilt in EWZr-1 (WZ8) und EWZr-3 (WZ3), mit unterschiedlichen Namen, aber im Wesentlichen gleich.

GB/T 4187: In der ISO werden die Klassifikationen WZ3 und WZ8 verwendet, und die Namen sind genau gleich.

Vergleich: Die Klassifizierungsstandards der drei sind gleich, und die Benennung von AWS (EWZr-1) betont den Elektrodentyp (E für Elektrode, W für Wolfram, Zr für Zirkonium).

Koordination: Namensunterschiede haben keinen Einfluss auf die praktische Anwendung und können durch Vergleichstabellen im internationalen Handel vereinheitlicht werden.

Chemische Zusammensetzung:

ISO 6848: Wolframreinheit >99,5 %, Zirkonoxidtoleranz $\pm 0,05$ %, Verunreinigungen < 0,005 %.

AWS A5.12: Konsistente Anforderungen und detailliertere Testmethoden (z. B. explizite Anforderungen für ICP-MS-Tests).

GB/T 4187: Die Anforderungen stimmen mit der ISO überein, aber Verunreinigungen wie der Sauerstoffgehalt < 0,005 % werden besser kontrolliert.

Vergleich: Die Anforderungen an die chemische Zusammensetzung der drei sind sehr konsistent, und GB/T 4187 ist in Bezug auf die Kontrolle des Sauerstoffgehalts etwas strenger.

Harmonisierung: Konsistenz der Anforderungen an die Inhaltsstoffe durch einheitliche Prüfmethode wie ICP-MS.

Physikalische Eigenschaften:

ISO 6848: Betont die Lichtbogenstabilität und die Brennbeständigkeit mit einer allgemeineren Prüfmethode.

AWS A5.12: Spezifische Prüfindikatoren für erhöhte Zündleistung und Verschmutzungsbeständigkeit (z. B. Zündspannung < 50 V).

GB/T 4187: Ähnlich wie ISO, jedoch mit detaillierteren Anforderungen an die Lichtbogenstabilität für das AC-Schweißen.

Vergleich: AWS-Standards sind bei Leistungstests spezifischer, während ISO und GB/T sich mehr auf die Allgemeingültigkeit konzentrieren.

Harmonisierung: Normen können durch ergänzende Prüfmethode wie z. B. AWS Ignition Performance Testing harmonisiert werden.

Abmessungen und Toleranzen:

ISO 6848: Durchmesser tolerance $\pm 0,05$ mm, Längentoleranz ± 1 mm, Oberflächenrauheit $Ra < 0,8$ μm .

AWS A5.12: Die Anforderungen sind konsistent, mit zusätzlichem Schwerpunkt auf der Spitzenwinkeltoleranz ($\pm 2^\circ$).

GB/T 4187: Die Anforderungen entsprechen der ISO, erfordern jedoch eine Oberflächenrauheit von

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

Ra<0,4 µm in High-End-Anwendungen.

Vergleich: Die Anforderungen an die Abmessungen der drei sind sehr konstant, und GB/T 4187 ist strenger in Bezug auf die Oberflächenqualität.

Koordination: Erreichen Sie eine Koordination durch harmonisierte Toleranzstandards und Prüfgeräte wie Laser-Entfernungsmesser.

Umweltschutz und Sicherheit:

ISO 6848: Fördert die Verwendung von nicht-radioaktiven Elektroden (z. B. Zirkoniumwolfram, Cerwolfram) und entspricht den REACH-Vorschriften.

AWS A5.12: Explizite Anforderung für Nicht-Radioaktivität mit Schwerpunkt auf der Bereitstellung von MSDS (Material Safety Data Sheet).

GB/T 4187: Befolgen Sie die chinesischen Umweltschutzbestimmungen und verbieten Sie die Verwendung von Thoriumwolframelektroden.

Vergleich: Alle drei betonen den Umweltschutz, und AWS hat spezifischere Anforderungen an das Sicherheitsdatenblatt.

Harmonisierung: Harmonisierung durch harmonisierte MSDS-Formate und Umweltzertifizierungen wie ISO 14001.

Perspektiven der Koordinierung:

Technische Koordination: ISO-, AWS- und GB/T-Standards sind in ihren Kernanforderungen sehr konsistent, und einheitliche Standards können durch technische Ausschüsse (z. B. ISO/TC 44) entwickelt werden, um Handelshemmnisse abzubauen.

Regionale Unterschiede: Der nordamerikanische Markt bevorzugt AWS-Standards, Europa und Asien bevorzugen ISO-Standards und China dominiert die GB/T-Standards. Bei der Abstimmung werden regionale Regulierungen und Marktgewohnheiten berücksichtigt.

Förderung der Industrie: Große globale Hersteller von Wolframelektroden beteiligen sich aktiv an der Standardformulierung und fördern die Integration in- und ausländischer Normen.

Durch die Harmonisierung von Normen wird die weltweite Produktion und Anwendung von Zirkonium-Wolframelektroden standardisiert, was den internationalen Handel und den technischen Austausch fördert.

9.5 Aktualisierungen und Entwicklungstrends von Zirkonium-Wolfram-Elektroden-Normen

Der Aktualisierungs- und Entwicklungstrend von Zirkonium-Wolfram-Elektrodenstandards wird durch technologische Fortschritte, Marktanforderungen und Umweltvorschriften vorangetrieben. Im Folgenden werden die wichtigsten Trends und Entwicklungsrichtungen analysiert:

Getriebener technologischer Fortschritt:

Nanotechnologie: Die Anwendung von nanoskaligem Zirkonoxid (<100 nm) hat die Leistung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden verbessert, und zukünftige Standards könnten die Anforderungen in Bezug auf die Nanodotierung erhöhen, wie z. B. eine strengere Partikelgrößenverteilung und Gleichmäßigkeitserkennung.

Kompositdotierung: Neue Kompositelektroden (z. B. dotierte La₂O₃+ZrO₂) werden entwickelt, und

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

der Standard muss auf neue Materialien ausgeweitet werden. Beispielsweise kann ISO 6848 eine neue Kategorie von Kompositelektroden hinzufügen.

Intelligente Erkennung: Der Einsatz von künstlicher Intelligenz und Big-Data-Technologie hat die Inspektionseffizienz verbessert, und zukünftige Standards könnten KI-gestützte Prüfmethode(n) (z. B. REM-Bildanalyse) einführen.

Marktnachfragegesteuert:

Hochpräzise Anwendungen: Die Luft- und Raumfahrt, die Nuklearindustrie und die Herstellung medizinischer Geräte verlangen zunehmend die Leistung von Elektroden, und die Normen können strengere Tests für die Stabilität des Lichtbogens und die Kontaminationsbeständigkeit vorsehen.

Automatisiertes Schweißen: Die Beliebtheit von automatisierten WIG-Schweißgeräten erfordert kleinere Toleranzen für die Elektrodengröße (z. B. $\pm 0,02$ mm), und zukünftige Normen könnten die Größenanforderungen verfeinern.

Aufstrebende Industrien: Das Aufkommen neuer Energiequellen (z. B. Wind- und Solaranlagen) und der 3D-Drucktechnologie könnte die Erweiterung von Standards vorantreiben, um neue Anwendungsszenarien abzudecken.

Getriebene Umweltvorschriften:

Keine Radioaktivitätsanforderungen: Mit der Verschärfung der Umweltvorschriften (wie z. B. EU-REACH, Chinas Umweltschutzgesetz) werden die Beschränkungen für Thoriumwolframelektroden weiter ausgeweitet, und die Umweltvorteile von Zirkoniumwolframelektroden werden Standardaktualisierungen fördern.

Umweltfreundliche Fertigung: Zukünftige Standards können die Umweltauflagen an Produktionsprozesse erhöhen, wie z. B. Energieverbrauch, Abfallrecyclingquoten und Staubemissionsnormen.

MSDS-Standardisierung: Die MSDS-Anforderungen von AWS A5.12 können von ISO- und GB/T-Standards übernommen werden, um eine weltweit einheitliche Materialsicherheitspezifikation zu bilden.

Aktualisierungstrends:

Konvergenz von Standards: ISO-, AWS- und GB/T-Standards werden weiter integriert, um ein weltweit einheitliches Standard-Framework zu bilden und Handelsbarrieren abzubauen.

Dynamische Updates: Der Standard-Update-Zyklus wird verkürzt (von 5 bis 10 Jahren auf 3 bis 5 Jahre), um dem technologischen Fortschritt und den Marktanforderungen gerecht zu werden.

Digitale Normen: Zukünftige Normen können in digitaler Form (z. B. Online-Datenbanken) veröffentlicht werden, um sie in Echtzeit abfragen und aktualisieren zu können.

Die kontinuierliche Aktualisierung der Normen für Zirkonium-Wolfram-Elektroden wird ihre Anwendung in hochpräzisen, umweltfreundlichen und hocheffizienten Bereichen vorantreiben und den Anforderungen der globalen industriellen Entwicklung gerecht werden.

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



Kapitel 10 Nachweismethoden von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Die Qualitätsprüfung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden ist ein entscheidendes Glied, um ihre gleichbleibende Leistung und Anwendungszuverlässigkeit zu gewährleisten, was in direktem Zusammenhang mit ihrer Leistung beim Wolfram-Inertgas-Schutzschmelsschweißen (WIG-Schweißen), Plasmaschneiden und Plasmaspritzen steht. Die Nachweismethode deckt verschiedene Aspekte wie chemische Zusammensetzung, physikalische Eigenschaften, Mikrostruktur, Elektrodenleistung und Anpassungsfähigkeit an die Umwelt ab und muss internationalen Standards (wie ISO 6848, AWS A5.12) und nationalen Standards (wie GB/T 4187) entsprechen. In diesem Kapitel werden die Nachweismethoden von Zirkonium-Wolframelektroden im Detail erörtert, ihre Prinzipien, Geräteanforderungen und Prüfverfahren analysiert, die Kalibrierung und Standardisierung von Prüfgeräten erörtert und häufige Probleme und Lösungen bereitgestellt, um technische Anleitungen für Produktion und Anwendung bereitzustellen.

10.1 Nachweis der chemischen Zusammensetzung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Die Prüfung der chemischen Zusammensetzung wird verwendet, um die Reinheit der Wolframmatrix, den Gehalt an Zirkonoxid (ZrO_2) und den Gehalt an Verunreinigungen in Zirkonium-Wolframelektroden zu überprüfen, um die Einhaltung der Standardanforderungen sicherzustellen (z. B. enthält WZ3 0,15 % bis 0,4 % ZrO_2 , WZ8 enthält 0,7 % bis 0,9 % ZrO_2 und Verunreinigungen $<0,005$ %). Zu den häufig verwendeten Assay-Methoden gehören die

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

spektroskopische Analyse und die chemische Titration.

10.1.1 Spektrale Analyse

Die Spektralanalyse ist die gängige Methode zum Nachweis der chemischen Zusammensetzung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden durch die Detektion der spektralen Eigenschaften von emittierten oder absorbierten Materialien, um ihre chemische Zusammensetzung zu bestimmen. Zu den gängigen Geräten gehören die Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) und die Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA).

Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)

Prinzip: Die Probe wird in einem Hochtemperaturplasma (ca. 6000–10.000°C) ionisiert, um geladene Ionen zu erzeugen, die getrennt und mittels Massenspektrometrie zur Bestimmung des Elementgehalts vermessen werden.

Prozess:

Probenvorbereitung: Eine Zirkon-Wolframelektrodenprobe (ca. 0,1–1 g) in einer sauren Lösung (z. B. Salpetersäure + Flusssäure) auflösen, um eine homogene Lösung herzustellen.

Gerätekalisierung: Kalibrieren Sie das ICP-MS mit Standardlösungen (z. B. Wolfram, Zirkoniumstandards), um eine Genauigkeit von $\pm 0,001$ % zu gewährleisten.

Analyse: Die Probenlösung wurde durch einen Zerstäuber in das Plasma eingebracht, um Wolfram ($>99,5$ %) und Zirkonoxid (WZ3: 0,15 %–0,4 %; WZ8: 0,7 %–0,9 %) und Verunreinigungen (wie Fe, Si, C $<0,005$ %).

Datenverarbeitung: Analysieren Sie Spektraldaten mithilfe von Software, um Kompositionsberichte zu erstellen.

Vorteil:

Hohe Empfindlichkeit: Die Nachweisgrenze kann den ppb-Wert (10^{-9}) erreichen.

Hohe Genauigkeit: Fehler $\leq \pm 0,001$ %, geeignet für die Erkennung von Spurenverunreinigungen.

Multi-Element-Analyse: Mehrere Elemente (z. B. W, Zr, Fe, Si) können gleichzeitig detektiert werden.

Einschränkungen: Komplexe Probenvorbereitung, starke Säuren und hohe Ausrüstungskosten (ca. 50 bis 1 Million US-Dollar).

Anwendungen: Weit verbreitet für die Qualitätszertifizierung von High-End-Zirkonium-Wolframelektroden (wie WZ8), die die Anforderungen der Luft- und Raumfahrt- und Nuklearindustrie erfüllen.

Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA)

Prinzip: Röntgenstrahlen regen Probenatome an, erzeugen charakteristische Fluoreszenz und bestimmen den Elementgehalt durch Detektion der Fluoreszenzintensität.

Prozess:

Probenvorbereitung: Die Zirkonium-Wolframelektrodenprobe wird auf Ra $<0,4$ μm poliert oder zu Pulvertabletten verarbeitet.

Kalibrierung des Geräts: Kalibrieren Sie das RFA-Gerät anhand von Standardproben (z. B.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

hochreines Wolfram, Zirkonoxid).

Analyse: Die Proben werden Röntgenstrahlen ausgesetzt, die Fluoreszenzintensität von Wolfram, Zirkonoxid und Verunreinigungen wird nachgewiesen und der Inhalt analysiert.

Datenverarbeitung: Generiert Zutatenerichte mit einer Genauigkeit $\pm 0,01\%$.

Vorteil:

Zerstörungsfrei: Die Probe muss nicht aufgelöst werden, geeignet für die Prüfung des fertigen Produkts.

Einfach zu bedienen: Die Inspektionszeit < 5 Minuten, geeignet für die Online-Qualitätskontrolle.

Niedrigere Kosten: Das Gerät kostet etwa 10 bis 300.000 US-Dollar.

Einschränkungen: Die Empfindlichkeit ist geringer als die der ICP-MS (Nachweisgrenze liegt bei etwa ppm) und die Nachweisbarkeit von Spurenverunreinigungen ist begrenzt.

Anwendungen: Für die schnelle Bauteildetektion in der Großserienfertigung, wie z. B. die Überprüfung des Zirkonoxidgehalts für WZ3- und WZ8-Elektroden.

10.1.2 Chemisches Titrationsverfahren

Die chemische Titration quantifiziert den Zirkonoxidgehalt durch chemische Reaktion und eignet sich für Labor- und Kleinchargentests. Zu den Methoden gehören:

Prinzip: Die chemische Reaktion von Zirkonoxid mit einem bestimmten Reagenz, wie z.B. EDTA, wird zur Bestimmung des Gehalts durch Titration verwendet.

Prozess:

Auflösung der Probe: Die Zirkonium-Wolframelektrodenprobe (ca. 0,5–1 g) wird in einer sauren Lösung (z. B. Salpetersäure + Fluorwasserstoffsäure) gelöst.

Abtrennung von Zirkonium: Abtrennung von Zirkonium-Ionen durch chemische Fällung (z. B. Zugabe von Ammoniak zur Bildung der $Zr(OH)_4$ -Fällung).

Titration: Titrieren Sie die Zirkonium-Ionen mit EDTA-Standardlösung, fügen Sie einen Indikator hinzu (z.B. Xylolorange), beobachten Sie den Farbwechsel zur Bestimmung des Endpunkts.

Berechnung: Der Zirkonoxidgehalt wird entsprechend dem Titrationsvolumen mit einer Genauigkeit $\pm 0,02\%$ berechnet.

Vorteil:

Niedrige Kosten: Keine teuren Geräte erforderlich, geeignet für kleine Labore.

Sehr zielgerichtet: Speziell auf Zirkonoxidgehalt getestet, zuverlässige Ergebnisse.

Begrenzungen:

Komplexe Bedienung: erfordert Kenntnisse in chemischer Analyse, was viel Zeit in Anspruch nimmt (ca. 1-2 Stunden).

Nur Zirkonoxid: Andere Verunreinigungen oder Wolframgehalt können nicht nachgewiesen werden.

Anwendungen: Zur Überprüfung der Zusammensetzung in den frühen Stadien der Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden oder als ergänzende Methode zu ICP-MS/XRF.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

CTIA GROUP LTD

Zirconium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Zirconium Tungsten Electrode

Zirconium tungsten electrode is a non-radioactive welding electrode made by doping a small amount of zirconium oxide (ZrO₂) into a high-purity tungsten base. It is specifically optimized for AC TIG (Tungsten Inert Gas) welding. Its excellent arc stability and outstanding resistance to contamination make it the preferred choice for welding aluminum, magnesium, and their alloys.

2. Types of Zirconium Tungsten Electrode

Grade	Tip Color	ZrO ₂ Content (wt.%)	Characteristics & Applications
WZ3	Brown	0.2 - 0.4	Ideal for low to medium intensity AC welding; cost-effective
WZ38	White	0.7 - 0.9	Industry-standard grade with excellent overall performance

3. Standard Sizes & Packaging of Zirconium Tungsten Electrode

Diameter (mm)	Length (mm)	Regular Coloring	Packing:
1.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10 pcs/box
1.6	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.4	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
3.2	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
4.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
Remark	The sizes can be customized		

4. Applications of Zirconium Tungsten Electrode

- Welding of aluminum and aluminum alloys: such as doors, windows, frames, and automotive body structures
- Welding of magnesium and magnesium alloys: widely used in aerospace lightweight components
- AC welding of stainless steel (under specific low-current conditions)
- Precision welding in aerospace, rail transit, pressure vessels, etc.
- Used in automated welding systems and robotic torch assemblies

5. Procurement Information

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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

10.2 Prüfung der physikalischen Eigenschaften von Zirkonium-Wolframelektroden

Die Prüfung physikalischer Eigenschaften wird verwendet, um die Härte, Dichte und Porosität von Zirkonium-Wolframelektroden zu bewerten und sicherzustellen, dass ihre mechanischen Eigenschaften und ihre strukturelle Integrität den Anforderungen an Schweißen und Schneiden entsprechen.

10.2.1 Härteprüfung

Bei der Härteprüfung wird die Verformungsbeständigkeit von Zirkonium-Wolfram-Elektroden bewertet, wobei ihre Verschleiß- und Durchbrennfestigkeit in Hochtemperaturlichtbögen widergespiegelt wird. Zu den gängigen Methoden gehören die Vickers-Härte (HV) und die Rockwell-Härte (HRC).

Vickers-Härteprüfung

Prinzip: Bringen Sie eine bestimmte Last (in der Regel 5–10 kgf) mit einem Diamanteindringkörper auf die Elektrodenoberfläche auf und messen Sie die diagonale Länge des Eindrucks, um den Härtewert zu berechnen.

Prozess:

Probenvorbereitung: Die Elektrode auf $Ra < 0,4 \mu\text{m}$ polieren und in Querschnittsproben schneiden.

Prüfung: Mit einem Vickers-Härteprüfer (z. B. HV-1000) eine Last von 5 kgf aufbringen und den Druck 10–15 Sekunden lang halten.

Messung: Messen Sie die diagonale Länge des Eindrucks durch Mikroskopie und berechnen Sie die Härte (typisch: HV 400–500).

Vorteile: Hohe Präzision, geeignet für kleine Probengrößen; Es kann mikroskopische Flächenhärte erkennen.

Einschränkungen: Die Probe muss poliert werden und die Testgeschwindigkeit ist langsam (ca. 1 Minute pro Punkt).

Anwendungen: Wird verwendet, um die Verschleißfestigkeit von Zirkonium-Wolframelektroden zu bewerten, um die Spitzenstabilität beim Hochstromschweißen zu gewährleisten.

Rockwell-Härteprüfung

Prinzip: Mit einer Stahlkugel oder einem Diamant-Eindringkörper eine Last (in der Regel 60–150 kgf) aufbringen, die Eindringtiefe messen und den Härtewert berechnen.

Prozess:

Probenvorbereitung: Polieren der Elektrodenoberfläche auf $Ra < 0,8 \mu\text{m}$.

Test: Mit einem Rockwell-Härteprüfer (z. B. HR-150A) eine Last von 60 kgf aufbringen und den Druck 5–10 Sekunden lang halten.

Messung: Direkte Ablesung der Härtewerte (typisch: HRC 40–50).

Vorteile: Einfache Bedienung, geeignet für schnelle Detektion.

Einschränkungen: Die Genauigkeit ist geringer als die Vickers-Härte und eignet sich für großformatige Proben.

Anwendungen: Für die schnelle Härteprüfung in der Massenproduktion.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

10.2.2 Prüfung der Dichte und Porosität

Die Dichte- und Porositätsprüfung wird verwendet, um die Kompaktheit und die internen Defekte von Zirkonium-Wolframelektroden zu bewerten, die sich auf ihre Wärmeleitfähigkeit und ihren Ausbrennwidstand auswirken.

Prüfung der Dichte

Prinzip: Die Dichte der Elektrode wird nach dem Archimedisches Prinzip gemessen und das Verhältnis zur theoretischen Dichte (ca. 19,25 g/cm³) berechnet.

Prozess:

Probenvorbereitung: Eine Elektrodenprobe (10–20 mm Länge) entnehmen, waschen und trocknen.

Messung: Zur Berechnung der Dichte werden Trocken- und Wassergewichte mit hochpräzisen elektronischen Waagen (Genauigkeit ±0,001 g) gemessen.

Ergebnisse: Die Dichte der hochwertigen Zirkonium-Wolfram-Elektrode betrug 95–98% der theoretischen Dichte.

Vorteile: einfach, schnell, zerstörungsfrei.

Einschränkungen: Unfähigkeit, die interne Porenverteilung zu erkennen.

Anwendung: Zur schnellen Qualitätsbeurteilung von Elektroden nach dem Sintern.

Porositätstest

Prinzip: Messen Sie den Anteil der Poren im Inneren der Elektrode durch mikroskopische Betrachtung oder Gasadsorption.

Prozess:

Mikroskopie: Die Elektrodenscheiben werden poliert, die Porosität wird mit einem Lichtmikroskop oder REM berechnet, um die Porosität zu beobachten, und die Porosität (<0,5%) wird berechnet.

Gasadsorptionsmethode: Messen Sie das Porenvolumen mit einem Stickstoffadsorptionsinstrument (z. B. der BET-Methode) mit einer Genauigkeit ± 0,01 %.

Vorteile: Die Mikroskopmethode ist intuitiv und die Gasadsorptionsmethode hat eine hohe Genauigkeit.

Einschränkungen: Bei der Mikroskopiemethode muss die Probe zerstört werden, und die Gasadsorptionsmethode ist teuer in der Anwendung.

Anwendungen: Wird für die Qualitätskontrolle von High-End-Elektroden wie WZ8 verwendet, um sicherzustellen, dass keine internen Defekte auftreten.

10.3 Gefügeanalyse von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Die Mikrostrukturanalyse wird verwendet, um die Korngröße, die Zirkonoxidverteilung und die Phasenzusammensetzung von Zirkonium-Wolframelektroden zu untersuchen, die sich direkt auf ihre Lichtbogenstabilität und Ausbrennfestigkeit auswirken. Gängige Methoden sind die Rasterelektronenmikroskopie (REM) und die Röntgenbeugung (XRD).

10.3.1 Rasterelektronenmikroskopie (REM)

Prinzip: Die Oberfläche der Probe wird mit einem Elektronenstrahl abgetastet, wodurch ein

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

hochauflösendes Bild erzeugt wird, das die Korngröße (10–20 μm), die Zirkonoxidverteilung und interne Defekte beobachtet.

Prozess:

Probenvorbereitung: Die Elektrodenscheiben werden poliert ($R_a < 0,2 \mu\text{m}$) oder die Frakturmorphologie bleibt nach der Fraktur erhalten.

Test: Stellen Sie mit einem REM (z. B. JEOL JSM-7800F) die Beschleunigungsspannung von 10–20 kV und die Vergrößerung von 100–5000x ein.

Analyse: Analysieren Sie die Zirkonoxidverteilung in Kombination mit Energiespektroskopie (EDS) und überprüfen Sie Korngröße und Porosität.

Vorteil:

Hohe Auflösung: Nanoskalige Zirkonoxidpartikel ($< 100 \text{ nm}$) können beobachtet werden.

Multifunktional: In Kombination mit EDS kann die Elementverteilung quantitativ analysiert werden.

Einschränkungen: Komplexe Probenvorbereitung und hohe Ausrüstungskosten (ca. 50 bis 1 Million US-Dollar).

Anwendungen: Wird verwendet, um die Gleichmäßigkeit und Sinterqualität von Zirkonoxid-Elektroden zu analysieren, um die Lichtbogenstabilität zu gewährleisten.

10.3.2 Röntgenbeugung (XRD)

Prinzip: Die Kristallstruktur und Phasenzusammensetzung des Kristalls werden durch Beugung von Röntgen- und Probenkristall analysiert, und die Kristallform der Wolframmatrix und des Zirkonoxids wird überprüft.

Prozess:

Probenvorbereitung: Mahlen Sie die Elektrode zu Pulver oder verwenden Sie die polierte Probe direkt.

Test: Mit einem XRD-Gerät (z. B. Bruker D8 Advance) werden Cu-K α -Strahlen (Wellenlänge 1,5406 Å) auf einen Abtastwinkel von 10°–90° eingestellt.

Analyse: Vergleichen Sie die Beugungspeaks mit Standardspektren, um die Phasen Wolfram (körperzentrierte kubische Struktur) und Zirkonoxid (monokline Kristalle) zu bestätigen, und prüfen Sie auf heterogene Phasen.

Vorteil:

Zerstörungsfrei: Geeignet für die Inspektion von Fertigprodukten.

Hohe Genauigkeit: Kann Spuren von Verunreinigungen (z. B. Oxide) erkennen.

Einschränkungen: Die mikroskopische Morphologie kann nicht direkt beobachtet werden, und eine REM-Analyse ist erforderlich.

Anwendungen: Wird verwendet, um die Kristallstruktur von Zirkonium-Wolframelektroden zu überprüfen, um sicherzustellen, dass keine Streuphasen die Leistung beeinträchtigen.

10.4 Elektrodenleistungstest der Zirkonium-Wolfram-Elektrode

Bei der Elektrodenleistungsprüfung wird die Leistung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden beim

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Schweißen oder Schneiden in der Praxis bewertet, einschließlich Lichtbogenstabilität, Zündleistung und Langlebigkeit.

10.4.1 Prüfung der Lichtbogenstabilität

Prinzip: Messen Sie die Driftrate und Formstabilität des Lichtbogens, indem Sie WIG-Schweiß- oder Plasmaschneidbedingungen simulieren.

Prozess:

Prüfgerät: Verwenden Sie ein Hochfrequenz-AC-WIG-Schweißgerät (z. B. Miller Dynasty 400) mit einem Strom von 150–400 A und Argon (Durchfluss 10–20 l/min).

Prüfbedingungen: Elektrodendurchmesser 2,4–3,2 mm, Spitzenwinkel 45°–60°, Schweißmaterial Aluminiumlegierung (z.B. 6061).

Messung: Die Bogenform wurde mit einer Hochgeschwindigkeitskamera aufgezeichnet (Bildrate >1000 fps) und die Driftrate (<5%) analysiert.

Ergebnisse: Die Lichtbogendriftrate der WZ8-Elektrode betrug bei hohem Strom <3% und war damit besser als die der WZ3 (<5%).

Vorteil: Spiegelt direkt die Leistungsfähigkeit der Elektrode in der Praxis wider.

Einschränkungen: Die Testbedingungen müssen streng kontrolliert werden und die Ausrüstung ist komplex.

Anwendungen: Wird zur Überprüfung der Lichtbogenstabilität von Zirkonium-Wolframelektroden beim Wechselstromschweißen verwendet, um den Anforderungen der Luft- und Raumfahrt und der Automobilherstellung gerecht zu werden.

10.4.2 Prüfung der Zündleistung und -lebensdauer

Prüfung der Zündleistung

Prinzip: Messen Sie die Zündspannung und Erfolgsrate der Elektrode unter hochfrequenten AC- oder DC-Bedingungen.

Prozess:

Prüfmittel: Hochfrequenz-WIG-Schweißgerät, eingestellter Strom 50–150 A (WZ3) oder 150–400 A (WZ8).

Prüfbedingungen: Elektrodendurchmesser 1,6–3,2 mm, Spitzenwinkel 30°–60°, 100-fache Wiederholungszündung.

Messung: Zündspannung (<50 V) und Erfolgsquote (>99%) werden aufgezeichnet.

Ergebnisse: Die Zündspannung der Zirkonium-Wolfram-Elektrode war niedriger als die der reinen Wolframelektrode (ca. 60–80 V), und WZ8 war besser als die von WZ3.

Anwendungen: Stellen Sie die schnelle Zündleistung von Elektroden beim automatisierten Schweißen sicher.

Lebensdauer-Tests

Prinzip: Die Ausbrennrate und Lebensdauer der Elektrodenspitze werden unter Standard-Schweißbedingungen gemessen.

Prozess:

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

Prüfbedingungen: AC-Schweißen, Strom 200–400 A, Dauerbetrieb für 1–2 Stunden.

Messung: Messen Sie das Durchbrennen der Spitze (<0,1 mm/h) mit einem Mikroskop oder Laser-Entfernungsmesser.

Ergebnisse: Die Lebensdauer der WZ8-Elektrode ist etwa 2-3 mal so hoch wie die der reinen Wolframelektrode und die der WZ3 etwa 1,5-2 mal.

Anwendungen: Wird verwendet, um die Haltbarkeit von Elektroden beim hochfesten Schweißen zu bewerten.

10.5 Umwelthanpassungstest der Zirkonium-Wolframelektrode

Bei der Prüfung der Anpassungsfähigkeit an die Umwelt wird die Leistung von Zirkonium-Wolframelektroden in speziellen Umgebungen (z. B. hohe Luftfeuchtigkeit, hohe Temperaturen und korrosive Gase) bewertet und praktische Anwendungsszenarien simuliert.

Prüfung in Umgebungen mit hoher Luftfeuchtigkeit

Verfahren: Das WIG-Schweißen wurde in einer Umgebung mit einer Luftfeuchtigkeit > 80 % und einem Strom von 150–300 A durchgeführt, um die Lichtbogenstabilität und die Oberflächenkontamination zu beobachten.

Ergebnisse: Die Anti-Verschmutzungsfähigkeit der WZ8-Elektrode war besser als die der WZ3, und die Lichtbogendrifrtrate betrug <5%.

Anwendungen: Überprüfung der Zuverlässigkeit von Elektroden in der Schiffstechnik und im Schiffbau.

Prüfung von Hochtemperaturumgebungen

Prozess: 2 Stunden kontinuierlicher Betrieb beim Plasmaschneiden (Temperatur > 10.000 °C), Messung der Ausbrennrates der Spitze (<0,1 mm/h).

Ergebnisse: Die Lebensdauer der WZ8-Elektrode war bei hohen Temperaturen besser als die von reinen Wolfram- und Cerwolframelektroden.

Anwendung: Wird zum Sprühen von Flugzeugtriebwerken und zum Schneiden von Schwermaschinen verwendet.

Prüfung auf korrosive Gase

Prozess: Schweißen Sie in einer chlor- oder sulfidhaltigen Umgebung, um die Korrosion der Elektrodenoberfläche und die Lichtbogenstabilität zu beobachten.

Ergebnisse: Die chemische Stabilität der Zirkonium-Wolfram-Elektrode machte ihre Oberfläche frei von offensichtlicher Korrosion, und die Lichtbogenstabilität betrug > 95%.

Anwendungen: Validierung der Anwendbarkeit von Elektroden in der chemischen Industrie.

10.6 Kalibrierung und Normung von Prüfgeräten für Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Die Kalibrierung und Standardisierung von Prüfmitteln ist der Schlüssel zur Gewährleistung der Genauigkeit und Wiederholbarkeit von Prüfergebnissen und muss internationalen Standards (z. B. ISO/IEC 17025) entsprechen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Kalibrierungsmethode:

ICP-MS/RFA: Kalibrierung mit Standardproben (z. B. hochreines Wolfram, Zirkonoxid) alle 3–6 Monate mit einer Genauigkeit von $\pm 0,001$ %.

Härteprüfer: kalibriert mit einem Standard-Härteblock (z. B. HV 400) mit einem Fehler von $<\pm 2$ HV.

REM/XRD: Kalibrieren Sie den Elektronenstrahl und die Röntgenquelle regelmäßig, um die Genauigkeit der Auflösung und Beugungsspitze sicherzustellen.

Lichtbogenprüfgerät: kalibriert mit einer Standardstromquelle und einer Hochgeschwindigkeitskamera mit einem Fehler von $<\pm 5$ A.

Anforderungen an die Normung:

Halten Sie sich an die Testmethoden ISO 6848, AWS A5.12 und GB/T 4187.

Erfassen Sie Kalibrierdaten und erstellen Sie Rückverfolgbarkeitsdateien.

Nehmen Sie regelmäßig an internationalen Vergleichstests teil (z.B. Laborvergleiche, die vom ISO/TC 44 organisiert werden).

Moderne Technologie: Automatisierte Kalibriersysteme und Datenmanagement-Software wie LabVIEW werden eingesetzt, um die Effizienz der Kalibrierung und die Zuverlässigkeit der Daten zu verbessern.

10.7 Häufige Probleme und Lösungen bei der Detektion von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Problem 1: Verzerrung bei der Erkennung chemischer Zusammensetzung

Phänomen: ICP-MS- oder RFA-Testergebnisse weichen von den Standardwerten ab (z. B. Zirkonoxidgehalt überschreitet den Standard).

Ursache: Ungleichmäßige Probenvorbereitung, nicht kalibriertes Gerät oder Interferenz durch Verunreinigungen.

Lösung:

Optimieren Sie die Probenvorbereitung mit einer verlängerten Auflösungszeit (>2 Stunden), um die Homogenität zu gewährleisten.

Kalibrieren Sie das Gerät regelmäßig und überprüfen Sie es mit Standardproben.

Blindproben tests werden hinzugefügt, um Störungen durch Verunreinigungen zu vermeiden.

Aufgabe 2: Inkonsistente Härteprüfung

Phänomen: Die Härtewerte variieren stark von Region zu Region ($>\pm 10$ HV).

Ursache: Unebene Probenoberfläche oder falsch ausgewählte Prüfpunkte.

Lösung:

Verbessern Sie die Poliergenauigkeit ($R_a < 0,2 \mu\text{m}$).

Erhöhen Sie die Anzahl der Testpunkte (> 5), und nehmen Sie den Mittelwert.

Problem 3: Analyse abnormaler Mikrostrukturen

Phänomen: REM oder XRD zeigen eine ungleichmäßige Zirkonoxidverteilung oder heterogene Phasen.

Ursache: Defekt im Sinterprozess oder Verschmutzung der Probenvorbereitung.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Lösung:

Optimierte Sinterparameter (Temperatur 1800–2200°C, Haltung für 1–2 Stunden).

Waschen Sie die Proben mit hochreinen Reagenzien, um eine Kontamination zu vermeiden.

Problem 4: Der Lichtbogenleistungstest ist instabil

Phänomen: Lichtbogendrift >5% oder hohe Zündausfallrate.

Ursache: Inkonsistenter Elektrodenspitzenwinkel oder instabile Testbedingungen.

Lösung:

Stellen Sie eine Spitzenwinkeltoleranz von $\pm 2^\circ$ sicher, die mit einer CNC-Schleifmaschine bearbeitet wird.

Standardisierte Testbedingungen (z. B. Argon-Durchflussrate 10–20 L/min).

Durch systematische Prüfmethode und problemlösende Maßnahmen kann die Qualitätskontrolle von Zirkonium-Wolfram-Elektroden den Anforderungen hochpräziser industrieller Anwendungen gerecht werden.



Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

CTIA GROUP LTD

Zirconium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Zirconium Tungsten Electrode

Zirconium tungsten electrode is a non-radioactive welding electrode made by doping a small amount of zirconium oxide (ZrO₂) into a high-purity tungsten base. It is specifically optimized for AC TIG (Tungsten Inert Gas) welding. Its excellent arc stability and outstanding resistance to contamination make it the preferred choice for welding aluminum, magnesium, and their alloys.

2. Types of Zirconium Tungsten Electrode

Grade	Tip Color	ZrO ₂ Content (wt.%)	Characteristics & Applications
WZ3	Brown	0.2 - 0.4	Ideal for low to medium intensity AC welding; cost-effective
WZ38	White	0.7 - 0.9	Industry-standard grade with excellent overall performance

3. Standard Sizes & Packaging of Zirconium Tungsten Electrode

Diameter (mm)	Length (mm)	Regular Coloring	Packing:
1.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10 pcs/box
1.6	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.4	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
3.2	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
4.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
Remark	The sizes can be customized		

4. Applications of Zirconium Tungsten Electrode

- Welding of aluminum and aluminum alloys: such as doors, windows, frames, and automotive body structures
- Welding of magnesium and magnesium alloys: widely used in aerospace lightweight components
- AC welding of stainless steel (under specific low-current conditions)
- Precision welding in aerospace, rail transit, pressure vessels, etc.
- Used in automated welding systems and robotic torch assemblies

5. 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 11 Künftiger Entwicklungstrend von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Als Schlüsselmaterial beim Wolfram-Inertgas-Schutzschildschweißen (WIG-Schweißen), Plasmaschneiden und Plasmaspritzen nehmen Zirkonium-Wolfram-Elektroden aufgrund ihrer hervorragenden Lichtbogenstabilität, Durchbrennfestigkeit und Verschmutzungsschutzeigenschaften eine wichtige Position in der Luft- und Raumfahrt, im Automobilbau, in der Nuklearindustrie und in anderen Bereichen ein. Mit der rasanten Entwicklung neuer Materialtechnologien, der intelligenten Produktion, der grünen Fertigung und der aufstrebenden Industrien erweitern sich die Leistungsoptimierung und die Anwendungsbereiche von Zirkonium-Wolframelektroden ständig. In diesem Kapitel werden die zukünftigen Entwicklungstrends von Zirkonium-Wolfram-Elektroden untersucht, einschließlich der Anwendung neuer Materialien und Technologien, Richtungen zur Leistungsoptimierung, Trends in der intelligenten und automatisierten Produktion, grüner Fertigung und nachhaltiger Entwicklung sowie Potenzial in aufstrebenden Bereichen, um eine zukunftsweisende Referenz für die Industrieentwicklung zu bieten.

11.1 Entwicklung neuer Werkstoffe und Technologien

Die rasante Entwicklung neuer Materialien und Technologien bietet neue Möglichkeiten, die Leistungsfähigkeit von Zirkonium-Wolfram-Elektroden zu verbessern und den Produktionsprozess zu optimieren. Im Folgenden wird der Entwicklungstrend unter zwei Aspekten analysiert: Materialinnovation und Prozesstechnologie.

Entwicklung neuer Werkstoffe

Nanoskalige Zirkonoxid-Dotierung: Herkömmliche Zirkonoxid-Wolfram-Elektroden (z. B. WZ3, WZ8) verwenden mikrometerskaliges Zirkonoxid (Partikelgröße 0,1–1 μm) als Dotierung und werden in Zukunft auf nanoskaliges Zirkonoxid (<100 nm) umgestellt. Nanoskaliges Zirkonoxid hat eine höhere Oberflächenenergie und Dispersion, was die Lichtbogenstabilität und die Ausbrennfestigkeit der Elektrode erheblich verbessern kann. Studien haben beispielsweise gezeigt, dass nano-ZrO₂-dotierte WZ8-Elektroden die Lebensdauer beim Hochstromschweißen (300–400 A) um 20 % bis 30 % verlängern können.

Kompositdotierte Materialien: Durch die gleichzeitige Dotierung mehrerer Oxide (wie z.B. ZrO₂+La₂O₃, ZrO₂+CeO₂) können die Vorteile der Zirkoniumwolframelektrode (Lichtbogenstabilität), der Lanthanwolframelektrode (Zündleistung) und der Cerwolframelektrode (Kostenvorteil) kombiniert werden. Komposit-dotierte Elektroden haben kleinere Korngrößen (5–10 μm) und sind widerstandsfähiger gegen Ausbrennen, wodurch sie sich für hochpräzises Schweißen und Plasmaspritzen eignen.

Neue Matrixmaterialien: Erforschen Sie Wolfram-basierte Verbundwerkstoffe wie Wolfram-Wolframkarbid-Verbundwerkstoffe als Substrate, um die Härte (HV 500–600) und Verschleißfestigkeit von Elektroden zu verbessern und ihre Lebensdauer in Hochtemperatur-Plasmaumgebungen zu verlängern.

Funktionale Beschichtungen: Das Auftragen von nanoskaligen Keramikbeschichtungen (wie Zirkonoxid oder Titanitrid) auf die Oberfläche von Zirkonium-Wolframelektroden kann die Verschmutzungsbeständigkeit und die Oberflächengüte (Ra<0,2 μm) weiter verbessern und die

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

Anhaftung von Verunreinigungen beim Schweißen verringern.

Entwicklung neuer Technologien

Additive Fertigung (3D-Druck): Additive Fertigungstechniken können verwendet werden, um Zirkonium-Wolfram-Elektrodenrohlinge mit komplexen Strukturen herzustellen und die Elektrodenleistung durch präzise Steuerung der Zirkonoxidverteilung und -korngröße zu optimieren. Die Technologie des laserelektiven Schmelzens (SLM) ermöglicht beispielsweise eine gleichmäßige Dotierung von ZrO_2 auf der Nanoskala und reduziert die Porosität (<0,3 %).

Verbesserung des Plasmaspritzens: Die Plasmaspritztechnologie wird in die Elektrodenproduktion eingeführt, um nanoskaliges Zirkonoxid auf die Oberfläche der Wolframmatrix zu sprühen, um eine gleichmäßige Dotierungsschicht zu bilden und die Durchbrennfestigkeit der Elektrode zu verbessern.

Mikrowellen-Sinter-technologie: Das Mikrowellensintern (Frequenz 2,45 GHz) ermöglicht eine schnelle und gleichmäßige Erwärmung, verkürzt die Sinterzeit (von 4–6 Stunden auf 2–3 Stunden), reduziert das Kornwachstum (die Korngröße wird auf 5–10 μm gesteuert) und verbessert die mechanischen Eigenschaften und die Lichtbogenstabilität der Elektroden.

Oberflächen-Nanotechnologie: Durch Laser-Oberflächenbehandlung oder Ionenstrahlmodifikationstechnologie werden nanoskalige Kristallstrukturen auf der Oberfläche von Elektroden gebildet, wodurch die Oberflächenhärte und die Anti-Pollution-Fähigkeiten weiter verbessert werden. So haben laserbehandelte WZ8-Elektroden eine Oberflächenhärte von bis zu HV 550 und eine um 15 % höhere Verschmutzungsbeständigkeit.

Die Anwendung dieser neuen Materialien und Technologien wird die Entwicklung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden in Richtung höherer Leistung, geringerer Kosten und umweltfreundlicherer fördern und die anspruchsvollen Anforderungen der Luft- und Raumfahrt, der Nuklearindustrie und anderer Bereiche erfüllen.

11.2 Richtung der Leistungsoptimierung der Zirkonium-Wolfram-Elektrode

Die Leistungsoptimierung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden ist der Kern der zukünftigen Entwicklung, wobei der Schwerpunkt auf Lichtbogenstabilität, Zündleistung, Brennverlustbeständigkeit, Verschmutzungsbeständigkeit und Hochtemperaturstabilität liegt.

Stabilität des Lichtbogens

Optimierungsrichtung: Reduzierung der Elektronenaustrittsarbeit (von 2,7–3,0 eV auf 2,5–2,7 eV), Verbesserung der Lichtbogenkonzentration und Reduzierung der Driftrate (Ziel <2%) durch nanoskalige Zirkonoxid-Dotierung und Komposit-Dotierung.

Technischer Weg:

Mischtechniken mit hoher Gleichmäßigkeit wie Ultraschalldispersion werden verwendet, um eine gleichmäßige Zirkonoxidverteilung zu gewährleisten und Lichtbogeninstabilitätszonen zu reduzieren.

Optimieren Sie das Design der Spitzengeometrie (z. B. Spitzenwinkel 45° – 60° , Krümmungsradius 0,1–0,2 mm), um die Fokussierbarkeit des Lichtbogens zu verbessern.

Um das Dotierungsverhältnis und die Prozessparameter durch Überwachung der Lichtbogenform

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

in Echtzeit (Highspeed-Fotografie, > 1000 fps) zu optimieren, wurde eine KI-gestützte Lichtbogenanalyse eingeführt.

Anwendungsziel: Verbesserung der Stabilität von Zirkonium-Wolfram-Elektroden beim Hochstromschweißen (400–600 A), um den Schweißanforderungen von dicken Aluminium- und Magnesiumlegierungen gerecht zu werden.

Zündleistung

Optimierungsrichtung: Reduzierung der Zündspannung (Zielwert <40 V) und Erhöhung der Zünderfolgsrate (>99,5%) durch Anpassung an automatisierte Hochfrequenzschweißgeräte.

Technischer Weg:

Nanoskaliges Zirkonoxid wird verwendet, um die Elektronenemissionskapazität der Elektrodenoberfläche zu verbessern.

Der Oberflächenpolierprozess ($Ra < 0,1 \mu\text{m}$) ist optimiert, um den Einfluss von Oberflächenfehlern auf die Zündung zu reduzieren.

Entwicklung neuer kompositer dotierter Elektroden (z. B. $\text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3$) und Kombination der Zündvorteile von Lanthan-Wolfram-Elektroden.

Anwendungsziel: Verbessern Sie den Wirkungsgrad der Zirkonium-Wolframelektrode in der automatisierten WIG-Schweißproduktionslinie und reduzieren Sie die Zündausfallrate.

Beständigkeit gegen Brandschäden

Optimierungsrichtung: Verlängerung der Lebensdauer der Elektrode (Ziel: Lebensdauer des WZ8 >150 Stunden, WZ3 >100 Stunden) und Reduzierung der Durchbrennrates der Spitze (<0,05 mm/h).

Technischer Weg:

Mikrowellensinter- oder Plasmasinter-techniken wurden eingesetzt, um die Korngröße (5–10 μm) zu optimieren und die Dichte zu erhöhen (> 98 % theoretische Dichte).

Führen Sie nanoskalige Keramikbeschichtungen (wie Zirkonoxid oder Aluminiumoxid) ein, um die Hochtemperaturbeständigkeit der Spitze (> 3000 °C) zu verbessern.

Optimieren Sie das Kühlsystem (z. B. wassergekühltes Spannfutter), um die Temperatur der Elektrodenspitze zu senken.

Anwendungsziel: Die Lebensdauer von Zirkonium-Wolfram-Elektroden beim Plasmaschneiden und -spritzen verlängern und die Produktionskosten senken.

Beständigkeit gegen Verschmutzung

Optimierungsrichtung: Verbesserung der Antifouling-Leistung der Elektrode in oxidhaltigen (z. B. Al_2O_3 , MgO) oder korrosiven Gasumgebungen und Beibehaltung der Lichtbogenstabilität (>98 %).

Technischer Weg:

Verbessert die Oberflächengüte ($Ra < 0,1 \mu\text{m}$) und reduziert die Anhaftung von Verunreinigungen.

Entwicklung von Antikontaminationsbeschichtungen (z. B. Titanitrid oder Wolframkarbid), um die chemische Stabilität zu verbessern.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Optimieren Sie das Verhältnis von Schutzgasen (z. B. 70 % Argon + 30 % Helium), um die Oxidbildung zu reduzieren.

Anwendungsziel: Verbesserung der Zuverlässigkeit von Zirkonium-Wolfram-Elektroden in komplexen Umgebungen wie der Schiffstechnik und der chemischen Industrie.

Hohe Temperaturstabilität

Optimierungsrichtung: Verbesserung der Stabilität der Elektrode in einer Hochtemperatur-Plasmaumgebung (>10.000 °C), Reduzierung von thermischer Belastung und Mikrorissen.

Technischer Weg:

Verbundstoffmatrix (z. B. Wolfram-Wolframcarbid) wird verwendet, um die Wärmeleitfähigkeit (>100 W/m·K) und die Temperaturwechselbeständigkeit zu verbessern.

Optimieren Sie Wärmebehandlungsprozesse (z. B. Vakuumglühen, 1200–1600 °C), um innere Spannungen zu eliminieren.

Die Finite-Elemente-Analyse (FEA) wurde eingeführt, um das Elektrodendesign zu optimieren und die Verformung bei hohen Temperaturen zu reduzieren.

Anwendungsziele: Erfüllen Sie die Hochtemperaturanforderungen beim Sprühen von Flugzeugtriebwerken und beim Schweißen in der Nuklearindustrie.

Diese Optimierungsrichtungen werden die Wettbewerbsfähigkeit von Zirkonium-Wolfram-Elektroden in hochpräzisen und hochfesten Anwendungen vorantreiben, um zukünftige industrielle Anforderungen zu erfüllen.

11.3 Trends in der intelligenten und automatisierten Produktion

Die intelligente und automatisierte Produktion ist der Zukunftstrend in der Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden, der die Produktionseffizienz, Produktqualität und Konsistenz deutlich verbessert.

Intelligentes Produktionssystem

Industrial Internet of Things (IIoT): Echtzeitüberwachung von Produktionsparametern (wie z.B. Schleifgeschwindigkeit, Sintertemperatur, Auszugsspannung) durch Sensoren und Datenerfassungssysteme, um ein digitales Management des gesamten Prozesses zu erreichen. So können beispielsweise IIoT-Systeme die Ausschussraten auf <1 % senken.

Optimierung der künstlichen Intelligenz (KI): Algorithmen des maschinellen Lernens werden verwendet, um Prozessparameter zu optimieren, wie z. B. die automatische Anpassung des Zirkonoxid-Dotierungsverhältnisses und der Sintertemperatur durch die Analyse von REM-Bildern und Lichtbogentestdaten, mit einem Fehler $\pm 0,01$ %.

Technologie des digitalen Zwillings: Richten Sie ein digitales Zwillingmodell der Elektrodenproduktionslinie ein, um die Verarbeitung von Rohmaterial, das Pressen, das Sintern und andere Prozesse zu simulieren, um Qualitätsprobleme vorherzusagen und die Produktionseffizienz zu optimieren (Verbesserung um 10 % bis 20 %).

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

Automatisierte Produktionslinie

Automatisiertes Mahlen und Mischen: Robotergesteuerte Planetenkugelmühle und V-Mischer werden eingesetzt, um einen kontinuierlichen und unbemannten Betrieb zu erreichen, und die Mischgleichmäßigkeit > 99,5 %.

Automatisiertes Pressen und Formen: Die kaltisostatische Presse (CIP) ist mit einem automatischen Be- und Entladesystem ausgestattet, um mehrere Knüppel (> 100 Stück/Charge) in einer einzigen Presse zu pressen und so die Produktionseffizienz um 30 % zu steigern.

Automatisierte Bearbeitung und Prüfung: CNC-Ziehmaschinen und Laserschneidmaschinen erreichen eine präzise Bearbeitung (Toleranz $\pm 0,02$ mm) und integrieren Inline-Inspektionsgeräte (z. B. RFA, Laser-Entfernungsmesser), um manuelle Eingriffe zu reduzieren.

Vorteile und Herausforderungen

Vorteile: Steigerung der Produktionseffizienz (>30 %), reduzierte Arbeitskosten (>20 %) und gleichbleibende Qualität (Toleranz $\leq \pm 0,02$ mm).

Herausforderung: Hohe Anfangsinvestitionen (ca. 100-5 Millionen US-Dollar für intelligente Geräte) und Ausbildung von Fach- und Technikpersonal.

Lösung: Senken Sie die Gerätekosten durch modulares Design und Cloud-Technologie und schulen Sie Ihre Mitarbeiter mit einer Online-Schulungsplattform.

Der Trend zur intelligenten und automatisierten Produktion wird die Entwicklung der Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden in Richtung Effizienz, Präzision und niedrige Kosten fördern, um den Anforderungen der Großindustrialisierung gerecht zu werden.

11.4 Umweltfreundliche Produktion und nachhaltige Entwicklung

Umweltfreundliche Fertigung und nachhaltige Entwicklung sind wichtige Entwicklungsrichtungen für die Zirkonium-Wolframelektroden-Industrie, die durch globale Umweltvorschriften wie EU-REACH und Chinas Umweltschutzgesetz vorangetrieben werden.

Umweltfreundliche Produktionstechnologie

Niedrigenergie-Sintern: Die Mikrowellensinter- oder Plasmasintertechnologie wird eingesetzt, um den Energieverbrauch um 30 % bis 40 % zu senken und die Kohlenstoffemissionen zu reduzieren. So verbraucht ein Mikrowellen-Sinterofen etwa 60 % der Energie eines herkömmlichen Vakuum-Sinterofens.

Abfallrecycling: Entwicklung einer Recyclingtechnologie für Wolframpulver und Zirkonoxid, um die Rückgewinnungsquote von Abfallstoffen (wie Schleifstaub, Schnittabfälle) im Produktionsprozess auf >90 % zu erhöhen. Zum Beispiel hat China Tungsten High-tech eine Wolframpulver-Rückgewinnungsrate von 95 % erreicht.

Kontaminationsfreies Verfahren: Verwenden Sie umweltfreundliche Schmierstoffe (z. B. Schmiermittel auf Wasserbasis) anstelle herkömmlicher Graphitschmierstoffe, um Verunreinigungen beim Ziehen und Polieren zu reduzieren.

Umweltfreundliche Materialien

Nicht-radioaktive Elektrode: Die nicht-radioaktive Natur von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

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

macht sie zu einer idealen Alternative zu Thorium-Wolfram-Elektroden (WT20) und entspricht den REACH-Vorschriften. Zukünftige Normen könnten die Verwendung von Thorium-Wolfram-Elektroden ganz verbieten.

Abbaubare Verpackungen: Der Ersatz herkömmlicher Kunststoffverpackungen durch biologisch abbaubare Materialien wie biobasierte Kunststoffe reduziert die Umweltbelastung.

Materialien mit geringer Verunreinigung: Durch die Optimierung des Rohstoffreinigungsprozesses wird der Verunreinigungsgehalt (<0,003 %) reduziert und die Abgasemissionen im Produktionsprozess reduziert.

Nachhaltige Lieferkette

Green Supply Chain Management: Arbeiten Sie mit Wolframerz- und Zirkonoxidlieferanten zusammen, wobei Lieferanten Vorrang haben, die die ISO 14001-Zertifizierung einhalten, um die Umweltfreundlichkeit bei der Rohstoffgewinnung und -verarbeitung zu gewährleisten.

Kreislaufwirtschaftsmodell: Aufbau eines Elektrodenrecyclingsystems, Sammlung gebrauchter Zirkonium-Wolfram-Elektroden, Extraktion von Wolfram und Zirkonoxid zur Wiederverwendung und Reduzierung von Ressourcenverschwendung.

Politisch und marktorientiert

Regulatorische Förderung: Chinas Carbon Peak und Carbon Neutrality Goals und der Green New Deal der Europäischen Union verlangen, dass die Fertigung den Energieverbrauch und die Emissionen reduziert, und die Produktion von Zirkonium-Wolfram-Elektroden muss diesen Vorschriften entsprechen.

Marktanreize: Grüne Zertifizierungen (z. B. ISO 14001, Zertifizierung für umweltfreundliche Fertigung) können die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen verbessern und High-End-Kunden (z. B. Luft- und Raumfahrtunternehmen) anziehen.

Die Umsetzung einer umweltfreundlichen Fertigung und einer nachhaltigen Entwicklung wird das Umweltimage der Zirkonium-Wolframelektroden-Industrie verbessern und ihre langfristige Wettbewerbsfähigkeit auf dem Weltmarkt fördern.

11.5 Das Potenzial von Zirkonium-Wolfram-Elektroden in aufstrebenden Bereichen

Zirkonium-Wolfram-Elektroden haben ein großes Potenzial für Anwendungen in aufstrebenden Bereichen, die durch neue Energien, additive Fertigung, Weltraumforschung und die Entwicklung der Medizintechnik vorangetrieben werden.

Neue Energiewirtschaft

Wind und Solar: Bei der Herstellung von Windkraftanlagen und Solaranlagen werden Aluminiumlegierungen und Edelstahl geschweißt, wobei die Zirkonium-Wolfram-Elektrode (WZ8) aufgrund ihrer Lichtbogenstabilität und Beständigkeit gegen Verschmutzung bevorzugt wird. WZ8-Elektroden werden beispielsweise für das WIG-Schweißen bei der Herstellung von Siemens-Rotorblättern für Windkraftanlagen eingesetzt.

Wasserstoffenergieanlagen: Die Herstellung von Wasserstoffspeichertanks und Brennstoffzellen erfordert qualitativ hochwertiges Schweißen, und die hervorragende Leistung von Zirkonium-

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

Wolframelektroden beim Schweißen von Edelstahl und Nickellegierungen erfüllt diese Anforderungen.

Potenzial: Mit dem weltweiten Wachstum der Kapazität für erneuerbare Energien (voraussichtlich 5.000 GW bis 2030) wird die Nachfrage nach Zirkonium-Wolfram-Elektroden um 20 % bis 30 % steigen.

Additive Fertigung (3D-Druck)

Anwendungen: Zirkonium-Wolfram-Elektroden können für die Plasma-Lichtbogenabscheidung (PAD) in der additiven Fertigung verwendet werden, um hochpräzise Verbundbauteile auf Wolframbasis herzustellen. GE Aviation verwendet beispielsweise die Plasma-Lichtbogenabscheidung zur Herstellung von Turbinenschaufeln, und Zirkonium-Wolfram-Elektroden sorgen für einen stabilen Plasmalichtbogen.

Potenzial: Das schnelle Wachstum des Marktes für additive Fertigung (CAGR >20 %) wird die Anwendung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden in der hochpräzisen Fertigung vorantreiben.

Raumforschung

Anwendungen: Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden zum Schweißen von leichten Materialien (z. B. Aluminiumlegierungen, Magnesiumlegierungen) in Raumfahrzeugen und Raketen sowie zum Plasmaspritzen für hochtemperaturbeständige Beschichtungen verwendet. So ist beispielsweise die Starship-Rakete von SpaceX mit WZ8-Elektroden für das WIG-Schweißen ausgestattet.

Potenzial: Mit der Entwicklung der kommerziellen Luft- und Raumfahrt (z. B. SpaceX, Blue Origin) wird die Nachfrage nach Zirkonium-Wolframelektroden beim hochzuverlässigen Schweißen weiter steigen.

Medizintechnik

Anwendungen: Zirkonium-Wolfram-Elektroden werden für das WIG-Schweißen von medizinischen Implantaten wie Titan-Skelettimplantaten und das Plasmaspritzen von biokompatiblen Beschichtungen (z. B. Hydroxylapatit) verwendet. Seine Antifouling-Eigenschaften stellen sicher, dass die Schweißnähte ungiftig und fehlerfrei sind.

Potenzial: Es wird erwartet, dass der globale Markt für medizinische Implantate bis 2030 150 Milliarden US-Dollar erreichen wird, und die Anwendung von Zirkonium-Wolframelektroden in der hochpräzisen medizinischen Fertigung wird erheblich zunehmen.

Weitere aufstrebende Bereiche

Herstellung von Mikroelektronik: Zirkonium-Wolfram-Elektroden können für das Mikro-WIG-Löten verwendet werden, um Halbleiterbauelemente und elektronische Komponenten herzustellen.

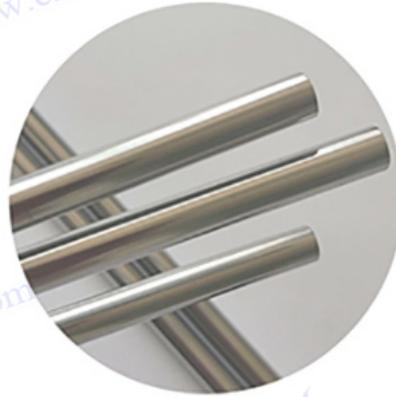
Schiffstechnik: Zirkonium-Wolfram-Elektroden bieten Vorteile bei der Korrosionsbeständigkeit beim Schweißen von Tiefseegeräten, wie z. B. U-Boot-Schalen aus Aluminiumlegierungen.

Kernfusionsforschung: Zirkonium-Wolfram-Elektroden haben potenzielle Anwendungen beim Plasmaspritzen und Schweißen in Fusionsanlagen wie ITER, da sie hohe Temperatur- und Strahlungsanforderungen erfüllen.

Die rasante Entwicklung dieser aufstrebenden Bereiche wird einen breiten Markt für Zirkonium-

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

Wolframelektroden eröffnen und deren technologische Innovation und Anwendungserweiterung vorantreiben.



Kapitel 12 Recycling und Recycling von Zirkonium-Wolfram-Elektroden

Als Schlüsselmaterial beim Wolfram-Inertgas-Schutzschichtschweißen (WIG-Schweißen), Plasmaschneiden und Plasmaspritzen werden Zirkonium-Wolfram-Elektroden aufgrund ihres hohen Schmelzpunkts, ihrer hervorragenden Lichtbogenstabilität und ihrer Ausbrennfestigkeit häufig in der Luft- und Raumfahrt, im Automobilbau, in der Nuklearindustrie und in anderen Bereichen eingesetzt. Die Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden ist jedoch auf die seltenen Metalle Wolfram und Zirkonium angewiesen, die knappe Ressourcen und hohe Abbaukosten darstellen, und Recycling und Recycling sind zu wichtigen Wegen geworden, um eine nachhaltige Entwicklung zu erreichen. In diesem Kapitel werden der Recyclingprozess von Zirkonium-Wolfram-Elektroden, der wirtschaftliche Wert des Recyclings, die Umweltschutz- und Umweltschutzvorschriften im Recyclingprozess sowie der aktuelle Stand und Entwicklungstrend des Recyclings im In- und Ausland ausführlich erörtert und eine Referenz für die umweltfreundliche Herstellung und Kreislaufwirtschaft für die Industrie bereitgestellt.

12.1 Recyclingprozess von Elektroschrott

Verschrottete Zirkonium-Wolfram-Elektroden stammen hauptsächlich aus Elektroden, die nach Gebrauch verschlissen werden, Schnittabfälle, fehlerhafte Produkte und Ausschussmaterialien im

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Produktionsprozess verursachen. Der Recyclingprozess zielt auf die Trennung, Reinigung und Wiederverwendung von Wolfram und Zirkonoxid (ZrO_2) ab, einschließlich Sammlung, Sortierung, Zersetzung, Reinigung und Wiederaufbereitung.

Sammlung und Sortierung

Sammlung: Elektroden am Ende ihrer Lebensdauer werden über Recyclingnetzwerke in Schweißwerkstätten, Schneidbetrieben und Fertigungsbetrieben gesammelt und oft in Schrottbehältern oder Spezialbehältern zu Recyclingzentren transportiert.

Sortierung: Sortieren Sie nach Elektrodentyp (z.B. WZ3, WZ8), entfernen Sie Nicht-Zirkonium-Wolframelektroden (z.B. Thoriumwolfram, Cerwolfram) und nichtmetallische Verunreinigungen (z.B. Schweißschlacke, Ölflecken). Zu den häufig verwendeten Geräten gehören:

Magnetabscheider: Entfernt ferromagnetische Verunreinigungen (z. B. Fe-Gehalt $<0,005\%$).

Vibrationssieb: Trennt Elektrodenfragmente unterschiedlicher Größe (Siebloch 10–50 mm).

Manuelle Sortierung: Bei komplexen Abfällen wird eine manuelle Inspektion eingesetzt, um die Genauigkeit der Klassifizierung zu gewährleisten.

Anforderungen: Die Reinheit der Zirkonium-Wolfram-Elektrode nach der Sortierung beträgt $>95\%$, der Verunreinigungsgehalt $<1\%$.

Zersetzung und Zerkleinerung

Mechanische Zerkleinerung: Die Schrottelektrode wird mit einem Backenbrecher oder Hammerbrecher in kleine Partikel (Korngröße 1–10 mm) zerkleinert. Ausstattungsmerkmale:

Leistung: 50–100 kW, Verarbeitung 0,5–2 t/h.

Staubdichtes Design: Ausgestattet mit einem Vakuum-Saugsystem zur Kontrolle der Staubemissionen $<10\text{ mg/m}^3$.

Chemische Zersetzung: Bei Elektroden mit starker Oberflächenverschmutzung (z. B. Oxide oder Öl) wird das Beizen (Salpetersäure oder Flusssäurelösung, Konzentration 5 %–10 %) verwendet, um Oberflächenverunreinigungen zu entfernen.

Ergebnisse: Die zerkleinerten Partikel waren für die anschließende Reinigung geeignet, und die Entfernungsrates von Oberflächenverunreinigungen lag bei $>99\%$.

Reinigung

Hydrometallurgie: Trennung von Wolfram und Zirkonoxid durch chemische Auflösung und Fällung.

Wolframextraktion: Mit Ammoniak (NH_4OH , Konzentration 10 %–20 %) werden die zerkleinerten Partikel zu einer Ammoniumwolframatlösung aufgelöst, die kristallisiert und kalziniert wird, um hochreines Wolframpulver (Reinheit $>99,9\%$) zu erhalten.

Zirkonoxid-Extraktion: Schwefelsäure (H_2SO_4 , Konzentration 10%–15%) wird zum Auflösen von Zirkoniumverbindungen verwendet, Ammoniakwasser wird zugesetzt, um $Zr(OH)_4$ -Niederschlag zu bilden, und Zirkonoxidpulver (Reinheit $>99,5\%$) wird nach Kalzinierung erhalten.

Pyrometallurgie: Die Chlorierung (Chlorgasdurchfluss 10–20 l/min) wird bei hohen Temperaturen (800–1000 °C) eingesetzt, um Wolfram und Zirkonium in flüchtige Chloride umzuwandeln, die

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

dann durch Destillation abgetrennt werden.

Ergebnisse: Die Wiederfindungsrate von Wolfram betrug >90%, die Wiederfindungsrate von Zirkonoxid >85% und der Gehalt an Verunreinigungen < 0,005%.

Aufbereitet

Das gereinigte Wolframpulver und Zirkoniumdioxidpulver werden durch Schleifen, Mischen, Pressen und Sintern zu Zirkonium-Wolfram-Elektrodenrohlingen wiederhergestellt (siehe Kapitel 8). Wichtige Parameter:

Mahlen: Mit einer Planetenkugelmühle auf 3–5 µm (Wolfram) und 0,1–0,5 µm (Zirkonoxid) veredeln.

Mischen: V-Mischer mit > Gleichmäßigkeit von 99,5 %.

Pressen: Kaltisostatische Presse, Druck 100–200 MPa, Knüppeldichte 60 %–70 %.

Sintern: Vakuum-Sinterofen, Temperatur 1800–2200°C, Dichte >98% theoretische Dichte.

Vorteile des Verfahrens:

Hohe Rückgewinnung: Die kombinierte Rückgewinnung von Wolfram und Zirkonoxid kann 85 % bis 95 % erreichen.

Hohe Reinheit: Recycelte Materialien erfüllen die Normen ISO 6848 und GB/T 4187 (Wolframreinheit >99,5 %, Verunreinigungen <0,005 %).

Kosteneffizienz: Die Kosten des Rückgewinnungsprozesses betragen etwa 50 % bis 60 % der Kosten für die Herstellung von neuem Wolfram.

Herausforderung des Prozesses:

Die Sortierung komplexer Abfälle ist schwierig, und die automatische Sortiertechnologie muss optimiert werden.

Bei der chemischen Reinigung können saure Abfallflüssigkeiten entstehen, die zum Schutz der Umwelt streng kontrolliert werden müssen.

12.2 Recycling und wirtschaftlicher Wert von Zirkonium-Wolfram-Werkstoffen

Das Recycling von Zirkonium-Wolfram-Elektroden reduziert nicht nur die Verschwendung von Ressourcen, sondern hat auch einen erheblichen wirtschaftlichen Wert. Als seltenes Metall verfügt Wolfram über begrenzte globale Reserven (etwa 3,5 Millionen Tonnen, Daten für 2023), und auch die Zirkoniumressourcen sind knapp, und Recycling kann den Ressourcendruck effektiv verringern.

Recycling-Wege

Direkte Wiederverwendung: Leicht verschlissene Zirkonium-Wolfram-Elektroden (Länge > 50 mm, keine Oberflächenkontamination) können durch Reinigen und Nachschleifen der Spitze (Winkel 45°–60°) direkt für schweißarme Aufgaben eingesetzt werden.

Pulveraufbereitung: Gereinigtes Wolframpulver und Zirkonoxidpulver können bei der Herstellung von Zirkonium-Wolframelektroden für die Sorten WZ3 (0,15 % bis 0,4 % ZrO₂) und WZ8 (0,7 % bis 0,9 % ZrO₂) wiederverwendet werden.

Weitere Verwendungen: Recyceltes Wolframpulver kann zur Herstellung von Hartmetall (z. B. WC-Co), Wolframstahl oder Wolframmatrix-Verbundwerkstoffen verwendet werden. Zirkonoxid kann

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

in keramischen Beschichtungen oder feuerfesten Materialien verwendet werden.

wirtschaftlicher Wert

Kosteneinsparungen: Die Kosten für das Recycling von Wolframpulver betragen etwa 50 % des reinen Wolframpulvers, und die Kosten für das Recycling von Zirkonoxid betragen etwa 60 % der Kosten für reines Zirkonoxid.

Ressourceneffizienz: Jede 1 Tonne zurückgewonnene Zirkonium-Wolfram-Elektrode kann den Abbau von etwa 0,9 Tonnen Wolframerz und 0,05 Tonnen Zirkonierz reduzieren und so die Abbaukosten senken.

Marktgröße: Es wird erwartet, dass der globale Wolframrecyclingmarkt bis 2025 2 Milliarden US-Dollar erreichen wird, mit einer jährlichen Wachstumsrate von etwa 7 %. Es wird erwartet, dass das Recycling von Zirkonium-Wolfram-Elektroden als Teilsektor 10 % bis 15 % des Marktanteils ausmachen wird.

Technischer Support

Effiziente Reinigung: Fortschritte in der Hydrometallurgie und Pyrometallurgie haben die Rückgewinnungseffizienz verbessert, wobei die Wolframrückgewinnungsraten von 80 % auf über 90 % gestiegen sind.

Kreislaufwirtschaftsmodell: Etablieren Sie ein geschlossenes Recyclingsystem, um eine vollständige Industriekette von der Sammlung bis zur Wiederaufbereitung zu bilden, um Ressourcenverschwendung zu reduzieren.

Herausforderungen und Lösungen

Herausforderung: Recycelte Materialien können weniger rein sein als neue Materialien, was sich auf die Leistung der High-End-Elektroden auswirkt.

Lösung: Eine mehrstufige Reinigung (z. B. Ionenaustausch + Destillation) gewährleistet eine Reinheit von 99,9 % > zurückgewonnenen Materialien und eignet sich für anspruchsvolle Anwendungen wie die Luft- und Raumfahrt.

Der wirtschaftliche Wert des Recyclings hat die Entwicklung der Zirkonium-Wolframelektroden-Recyclingindustrie gefördert und den Unternehmen erhebliche Kosten- und Ressourcenvorteile gebracht.

12.3 Vorgaben zur Immissionskontrolle und zum Umweltschutz im Recyclingprozess

Das Recycling von Zirkonium-Wolfram-Elektroden umfasst eine chemische Behandlung und Hochtemperaturverarbeitung, bei der Abfallflüssigkeiten, Abgase und Staub anfallen können, und die strikte Einhaltung von Umweltschutzvorschriften (wie ISO 14001, EU REACH, Chinas Umweltschutzgesetz).

Arten von Verschmutzungs- und Verminderungsmaßnahmen

Abfallflüssigkeit: Saure Abfallflüssigkeiten in der Hydrometallurgie (wie Salpetersäure, Flusssäure) können Schwermetallionen enthalten.

Kontrollmaßnahmen:

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

Neutralisationsbehandlung: Natriumhydroxid (NaOH) wird verwendet, um die Abfallflüssigkeit bei einem pH-Wert von 6,5 bis 8,5 zu neutralisieren.

Fällungsrückgewinnung: Schwermetalle werden durch Zugabe von Flockungsmitteln (z. B. Polyaluminiumchlorid) mit einer Rückgewinnungsrate von > 95 % ausgefällt.

Recycling: Die aufbereitete Abfallflüssigkeit kann für den Reinigungsprozess recycelt werden, wodurch die Emissionen reduziert werden.

Abgase: Chlor (Cl₂) oder Ammoniak (NH₃) in der Pyrometallurgie können austreten und so Umwelt und Gesundheit gefährden.

Kontrollmaßnahmen:

Abgasabsorption: Zur Absorption der Abgase wird Aktivkohle oder Lauge (NaOH-Lösung) verwendet, die Emissionskonzentration < 0,1 mg/m³.

Geschlossenes System: Ausgestattet mit einer Unterdruck-Absaugvorrichtung, um ein Austreten von Gas zu verhindern.

Staub: Wolfram- und Zirkonoxidstaub, der beim Mahlen und Zerkleinern entsteht, kann die Luft verunreinigen.

Kontrollmaßnahmen:

Effiziente Entstaubung: Staubemission < 10 mg/m³ mit Schlauchfilter oder Elektrofilter.

Nassbetrieb: Fügen Sie während des Mahlens und Zerkleinerns Wassernebel hinzu, um herumfliegenden Staub zu reduzieren.

Umweltschutznormen

Internationale Normen:

ISO 14001: Verpflichtet Recyclingunternehmen, ein Umweltmanagementsystem einzurichten und Emissionen und Abfallentsorgungsprozesse regelmäßig zu überprüfen.

REACH: Die Europäische Union schreibt vor, dass gefährliche Stoffe (wie z. B. sechswertiges Chrom) während des Recyclingprozesses nicht verwendet oder eingeleitet werden dürfen, und Zirkonium-Wolframelektroden müssen ein Sicherheitsdatenblatt (MSDS) bereitstellen.

Inländische Spezifikationen:

Umweltschutzgesetz: Die Abfallentsorgung von Recyclingunternehmen muss dem Comprehensive Sewage Discharge Standard (GB 8978-1996) entsprechen, und die Konzentration von Schwermetallen beträgt < 0,1 mg/L.

Gesetz zur Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung durch feste Abfälle: Verlangt die ordnungsgemäße Entsorgung fester Abfälle (z. B. Sedimentationsschlacke) im Recyclingprozess, um Sekundärverschmutzung zu vermeiden.

Zertifizierungsanforderungen: Recyclingunternehmen müssen eine Zertifizierung für umweltfreundliche Herstellung oder eine Zertifizierung für die Kreislaufwirtschaft erhalten, um die Wettbewerbsfähigkeit des Marktes zu verbessern.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

CTIA GROUP LTD

Zirconium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Zirconium Tungsten Electrode

Zirconium tungsten electrode is a non-radioactive welding electrode made by doping a small amount of zirconium oxide (ZrO₂) into a high-purity tungsten base. It is specifically optimized for AC TIG (Tungsten Inert Gas) welding. Its excellent arc stability and outstanding resistance to contamination make it the preferred choice for welding aluminum, magnesium, and their alloys.

2. Types of Zirconium Tungsten Electrode

Grade	Tip Color	ZrO ₂ Content (wt.%)	Characteristics & Applications
WZ3	Brown	0.2 - 0.4	Ideal for low to medium intensity AC welding; cost-effective
WZ38	White	0.7 - 0.9	Industry-standard grade with excellent overall performance

3. Standard Sizes & Packaging of Zirconium Tungsten Electrode

Diameter (mm)	Length (mm)	Regular Coloring	Packing:
1.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10 pcs/box
1.6	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
2.4	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
3.2	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
4.0	150 / 175	Black / Gold / Blue	10pcs/box
Remark	The sizes can be customized		

4. Applications of Zirconium Tungsten Electrode

- Welding of aluminum and aluminum alloys: such as doors, windows, frames, and automotive body structures
- Welding of magnesium and magnesium alloys: widely used in aerospace lightweight components
- AC welding of stainless steel (under specific low-current conditions)
- Precision welding in aerospace, rail transit, pressure vessels, etc.
- Used in automated welding systems and robotic torch assemblies

5. Procurement Information

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

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

Technischer Support

Grüne Reinigungstechnologie: Ionenaustausch- und Membrantrenntechnologie werden eingesetzt, um die Menge der erzeugten Abfallflüssigkeit (<0,5 m³/Tonne) zu reduzieren.

Abwärmerückgewinnung: Installation von Abhitzekesteln in der Pyrometallurgie, um Hochtemperatur-Abgaswärme zurückzugewinnen und den Energieverbrauch um 20 % bis 30 % zu senken.

Automatisierte Überwachung: Verwenden Sie Online-Überwachungssysteme (z. B. CSB-Analysatoren, Gasetektoren), um Emissionen in Echtzeit zu überwachen und die Einhaltung von Umweltstandards sicherzustellen.

Durch strenge Umweltschutzvorschriften kann das Recycling von Zirkonium-Wolfram-Elektroden eine umweltfreundliche Produktion erreichen und die globalen Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung erfüllen.

12.4 Die aktuelle Situation und Entwicklungstendenz des Zirkoniumwolfram-Recyclings im In- und Ausland

Die Recyclingindustrie für Zirkonium-Wolfram-Elektroden erlebt einen rasanten globalen Trend, der durch Ressourcenknappheit, Umweltvorschriften und wirtschaftliche Vorteile angetrieben wird. Im Folgenden wird die aktuelle Situation und der Entwicklungstrend im In- und Ausland analysiert.

Inländischer Status

Recycling-Skala: China ist der weltweit größte Produzent von Wolfram (mehr als 80 % der weltweiten Produktion, etwa 60.000 Tonnen im Jahr 2023), und das jährliche Verarbeitungsvolumen des Marktes für das Recycling von Zirkonium-Wolframelektroden beträgt etwa 500–1.000 Tonnen, was 10 % bis 15 % des Wolframrecyclingmarktes entspricht.

Technisches Niveau: Die Hydrometallurgie- und Pyrometallurgietechnologie ist mit einer Rückgewinnungsrate von 85 % bis 90 % ausgereift, aber die nanoskalige Zirkonoxid-Rückgewinnungstechnologie muss noch durchbrochen werden.

Politische Unterstützung: "Made in China 2025" und "Circular Economy Development Strategy" fördern das Recycling von Wolframressourcen, und einige Regionen (wie Ganzhou, Jiangxi) bieten Steueranreize und Subventionen.

Herausforderungen: Das Recyclingnetzwerk ist nicht perfekt, und kleinen und mittleren Schweißbetrieben fehlt ein systematischer Mechanismus zur Sammlung von Elektrodenabfällen. Die Kosten für die Umweltschutzbehandlung sind hoch.

Internationaler Status

Recycling-Umfang: Der globale Wolframrecyclingmarkt hat eine jährliche Verarbeitungskapazität von etwa 15 bis 20.000 Tonnen, und die Rückgewinnung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden macht etwa 10 % aus, hauptsächlich in Europa (Österreich, Deutschland) und Nordamerika.

Technisches Niveau: Europäische und amerikanische Länder sind führend bei der automatisierten Sortierung und umweltfreundlichen Reinigungstechnologie.

Politisch orientiert: Der EU-Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft und der US-amerikanische Resource Conservation and Recovery Act fordern eine höhere Wolframgewinnung und einen

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

geringeren Abbau von Primärmineralien.

Herausforderungen: Hohe Recyclingkosten und unzureichende Wettbewerbsfähigkeit kleiner Recyclingunternehmen.

Entwicklungstrend

Technologische Fortschritte:

Effiziente Sortierung: KI-visuelle Erkennung und Robotersortiertechnologie werden eingesetzt, um die Effizienz der Abfallektrodensortierung zu verbessern (>95 %).

Grüne Reinigung: Entwicklung einer säurefreien hydrometallurgischen Technologie (z. B. Biometallurgie) zur Reduzierung der Emissionen von flüssigen Abfällen (<0,2 m³/Tonne).

Nanoskaliges Recycling: Entwicklung einer nanoskaligen Zirkonoxid-Rückgewinnungstechnologie, um die Produktionsanforderungen von High-End-Elektroden wie WZ8 zu erfüllen.

Marktexpansion:

Aufstrebende Sektoren: Die rasante Entwicklung neuer Energiequellen (Wind, Wasserstoff), der additiven Fertigung und der Weltraumforschung wird die Nachfrage nach Zirkonium-Wolframelektroden erhöhen und das Wachstum des Recyclingmarktes vorantreiben (voraussichtlich bis 2030 3 Mrd. USD).

Globale Zusammenarbeit: Aufbau eines internationalen Recyclingnetzwerks, um den grenzüberschreitenden Transport und die Entsorgung von Elektroschrott zu erleichtern.

Politische Unterstützung:

Ziele der Klimaneutralität: Chinas Ziele "2060 Klimaneutralität" und die EU-Ziele "Netto-Null-Emissionen" bis 2050 werden die Popularisierung grüner Recyclingtechnologien fördern.

Standardformulierung: Formulieren Sie einen weltweit einheitlichen Recyclingstandard für Wolframelektroden (z. B. die erweiterte ISO-Norm), um den Recyclingprozess und die Qualitätsanforderungen zu standardisieren.

Modell der Kreislaufwirtschaft:

Etablierung eines geschlossenen Kreislaufsystems von "Produktion-Nutzung-Recycling-Reproduktion", um den Lebenszyklus von Wolfram- und Zirkoniumressourcen zu verlängern.

Fördern Sie das Modell der "Elektrodenmiete", bei dem Benutzer gebrauchte Elektroden an die Hersteller zurückgeben, um die Recyclingkosten zu senken.

Die kontinuierliche Entwicklung der Recyclingindustrie für Zirkonium-Wolfram-Elektroden wird das Ressourcenrecycling fördern, die Umweltbelastung verringern und erhebliche wirtschaftliche Vorteile für die Branche schaffen.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung



Anhang

A. Glossar

Zirkonium-Wolfram-Elektrode: Mit Zirkonoxid dotierte Elektrode auf Wolframbasis für das WIG-Schweißen und Plasmaschneiden.

Güte: Elektrodenmodelle, die nach Zirkoniumgehalt und Leistung unterteilt sind, wie z. B. WZ3 und WZ8.

Lichtbogenstabilität: Die Fähigkeit der Elektrode, während des Schweißens einen stabilen Lichtbogen aufrechtzuerhalten.

Zündleistung: Wie einfach es für die Elektrode ist, den Lichtbogen zu starten.

Sintern: Der Prozess des Verbindens von Pulverpartikeln zu einem dichten Material durch hohe Temperaturen.

Dotierung: Ein Verfahren, bei dem Zirkoniumoxid zu einer Wolframmatrix hinzugefügt wird, um die Leistung zu verbessern.

WIG-Schweißen (Wolfram-Inertgas-Schweißen): Wolfram-Lichtbogenschweißen mit Schutzgas.

Plasmaschneiden: Ein Verfahren, bei dem ein Hochtemperatur-Plasmalichtbogen verwendet wird, um Metall zu durchtrennen.

Mikrostruktur: Die Korn- und Phasenstruktur des Elektrodenmaterials, die unter dem Mikroskop betrachtet wird.

Abbrandwiderstand: Die Fähigkeit der Elektrode, Verlusten bei Hochtemperaturlichtbögen zu

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung

widerstehen.

ISO 6848: Norm der Internationalen Organisation für Normung und Anforderungen an Wolframelektroden.

AWS A5.12: Spezifikationsstandard für Wolframelektroden der American Welding Society.

B. Verweise

- [1] ISO 6848:2015, Lichtbogenschweißen und -schneiden — Nicht verbrauchbare Wolframelektroden — Klassifizierung.
- [2] AWS A5.12/A5.12M:2009, Spezifikation für Wolfram- und oxiddispergierte Wolframelektroden zum Lichtbogenschweißen und -schneiden.
- [3] Miller, J. R., "Wolframelektroden für das WIG-Schweißen: Eigenschaften und Anwendungen", Welding Journal, 2018.
- [4] Zhang, L., "Fortschritte bei der Herstellung von Zirkonium-Wolfram-Elektroden", Materialwissenschaft und -technik, 2020.
- [5] Wang, H., "Entwicklung von Elektroden auf Wolframbasis für das Hochleistungsschweißen", Zeitschrift für Materialverarbeitungstechnologie, 2019.
- [6] Smith, D. E., "Schweißtechnologie und Materialien für Luft- und Raumfahrtanwendungen", Luft- und Raumfahrtfertigung, 2021.
- [7] Chen, Y., "Grüne Fertigung in der Wolframelektrodenproduktion", Journal of Cleaner Production, 2023.
- [8] GB/T 4187-2017, Wolframelektroden.
- [9] Smith, D. E., "Pulvermetallurgische Techniken für Materialien auf Wolframbasis", Advanced Materials Processing, 2020.
- [10] Liu, J., "Intelligente Fertigung in der Wolframelektrodenproduktion", Journal of Manufacturing Systems, 2022.
- [11] YS/T 231-2016, Wolframelektroden zum Schweißen.
- [12] JB/T 4744-2007, Wolframelektroden zum Schweißen.
- [13] Global Renewable Energy Outlook, Internationale Energieagentur (IEA), 2023.
- [14] Marktanalysebericht: Medizinische Implantate, Grand View Research, 2024.
- [15] Chinas Entwicklungsstrategie für die Kreislaufwirtschaft, Nationale Entwicklungs- und Reformkommission, 2021.

Erklärung zum Urheberrecht und zur gesetzlichen Haftung