

# Enzyklopädie der Cer-Wolfram-Elektrode

中钨智造科技有限公司  
CTIA GROUP LTD

**CTIA GROUP LTD**

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

**Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen 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](http://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 Hunderttausende 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 entwickelt 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 rechtlichen Haftung

Copyright© 2025 CTIA All Rights Reserved  
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2025 version  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

Tel: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2025V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

CTIA GROUP LTD  
**Cerium Tungsten Electrode Introduction**

**1. Overview of Cerium Tungsten Electrode**

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO<sub>2</sub>). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

**2. Features of Cerium Tungsten Electrode**

**Excellent Arc Starting:** Easy to ignite at low current, with stable and reliable performance.

**Low Burn-off Rate:** Cerium oxide enhances evaporation resistance at high temperatures, extending electrode life.

**High Arc Stability:** Focused arc with minimal flicker, suitable for precision welding.

**Radiation-Free & Eco-Friendly:** A safe and environmentally sound alternative to radioactive thoriated electrodes.

**3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode**

Type	CeO <sub>2</sub> Content	Color Code	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

**4. Applications of Cerium Tungsten Electrode**

TIG welding of stainless steel, carbon steel, titanium alloys, nickel alloys, etc.

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

Low-current plasma arc cutting and high-frequency ignition systems

**5. Procurement Information**

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: [www.tungsten.com.cn](http://www.tungsten.com.cn)

**Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

## Verzeichnis

### Kapitel 1: Überblick über Cer-Wolfram-Elektroden

- 1.1 Definition und Geschichte der Cer-Wolfram-Elektrode
  - 1.1.1 Chemische Zusammensetzung und Grundkonzept der Cer-Wolfram-Elektrode
  - 1.1.2 Entdeckung und Entwicklung von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 1.1.3 Hintergrund der Cer-Wolfram-Elektrode, die die Thorium-Wolfram-Elektrode ersetzt
- 1.2 Die Position der Cer-Wolfram-Elektrode in der Schweißindustrie
  - 1.2.1 Vergleich der Cer-Wolfram-Elektrode mit anderen Wolfram-Elektroden
  - 1.2.2 Globaler Marktüberblick und Entwicklungstrends

### Kapitel 2: Klassifizierung von Cer-Wolfram-Elektroden

- 2.1 Einteilung nach Ceroxidgehalt
  - 2.1.1 Eigenschaften und Anwendungen der 2%igen Ceroxid-Elektrode (WC20)
  - 2.1.2 Entwicklung und Anwendung anderer nicht standardisierter Inhaltselektroden
- 2.2 Klassifizierung nach aktuellem Typ
  - 2.2.1 Cer-Wolfram-Elektrode für das Gleichstromschweißen (DCEN/DCEP)
  - 2.2.2 Cer-Wolfram-Elektrode für das AC-Schweißen
  - 2.2.3 Leistungsanalyse von AC- und DC-Dual-Purpose-Elektroden
- 2.3 Klassifizierung nach Form und Größe
  - 2.3.1 Stabelektrode (Standardlängen- und Durchmesserangaben)
  - 2.3.2 Nadelektrode (für Präzisionsschweißen)
  - 2.3.3 Sondergeformte Elektroden (spezielle Zwecke)
- 2.4 Klassifizierung nach Anwendungsbereichen
  - 2.4.1 Allzweck-Schweißelektrode
  - 2.4.2 Präzisionsschweißelektroden (Mikroelektronik, medizinische Geräte, etc.)
  - 2.4.3 Schweißelektroden für hohe Temperaturen und hohe Lasten
- 2.5 Klassifizierungsstandards und Identifizierung
  - 2.5.1 Klassifizierung und Farbskalen in internationalen Normen (ISO 6848, AWS A5.12)
  - 2.5.2 Klassifizierung und Identifizierung in nationalen Normen (GB/T 4192)
  - 2.5.3 Spezifikationen für Elektrodenverpackung und -kennzeichnung

### Kapitel 3: Eigenschaften von Cer-Wolfram-Elektroden

- 3.1 Physikalische Eigenschaften von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 3.1.1 Schmelz- und Siedepunkte von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 3.1.2 Dichte und Härte von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 3.1.3 Wärmeausdehnungskoeffizient und Wärmeleitfähigkeit von Cer-Wolfram-Elektroden
- 3.2 Chemische Eigenschaften von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 3.2.1 Chemische Stabilität von Ceroxid
  - 3.2.2 Korrosionsbeständigkeit von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 3.2.3 Chemisches Verhalten von Cer-Wolfram-Elektroden in Hochtemperaturumgebungen
- 3.3 Elektrische Eigenschaften von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 3.3.1 Elektronenaustrittsarbeit der Cer-Wolfram-Elektrode

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

- 3.3.2 Lichtbogenzündungsleistung und Dimensionslichtbogenstabilität von Cer-Wolfram-Elektroden
- 3.3.3 Strombelastbarkeit der Cer-Wolfram-Elektrode
- 3.4 Mechanische Eigenschaften von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 3.4.1 Duktilität und Sprödigkeit von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 3.4.2 Verschleißschutz von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 3.4.3 Elektrodenabbrandrate der Cer-Wolfram-Elektrode
- 3.5 Umwelt- und Sicherheitseigenschaften von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 3.5.1 Nicht-radioaktiver Vorteil von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 3.5.2 Umweltfreundlichkeit von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 3.5.3 Gesundheits- und Sicherheitsbewertung von Cer-Wolfram-Elektroden
- 3.6 CTIA GROUP LTD Cer-Wolfram-Elektroden-Sicherheitsdatenblatt

## **Kapitel 4: Vorbereitungs- und Produktionsprozess und Technologie der Cer-Wolfram-Elektrode**

- 4.1 Auswahl des Rohmaterials und Vorbehandlung der Cer-Wolfram-Elektrode
  - 4.1.1 Anforderungen an Reinheit und Partikelgröße von Wolframpulver
  - 4.1.2 Herkunft und Qualitätskontrolle von Ceroxid
  - 4.1.3 Auswahl weiterer Zusatzstoffe
- 4.2 Pulvermetallurgischer Prozess der Cer-Wolfram-Elektrode
  - 4.2.1 Misch- und Dotierungsprozess
  - 4.2.2 Pressformtechnik
  - 4.2.3 Sinterprozess (Hochtemperaturesintern und Atmosphärenkontrolle)
- 4.3 Nachfolgende Verarbeitungstechnologie der Cer-Wolfram-Elektrode
  - 4.3.1 Kalandrier- und Ziehprozess
  - 4.3.2 Schleifen und Polieren und Oberflächenbehandlung
  - 4.3.3 Schneiden und Formen
- 4.4 Qualitätskontrolle und Prozessoptimierung von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 4.4.1 Kontrolle der Gleichmäßigkeit der Zusammensetzung
  - 4.4.2 Gefügeanalyse (REM, XRD, etc.)
  - 4.4.3 Optimierung der Prozessparameter
- 4.5 Fortschrittliche Produktionstechnologie der Cer-Wolfram-Elektrode
  - 4.5.1 Nano-Doping-Technologie
  - 4.5.2 Plasma-Sinter-Technologie
  - 4.5.3 Intelligente Produktion und Automatisierung

## **Kapitel 5: Verwendung von Cer-Wolfram-Elektroden**

- 5.1 Schweißanwendungen von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 5.1.1 WIG-Schweißen
  - 5.1.2 Plasma-Lichtbogenschweißen
  - 5.1.3 Niederstrom-Gleichstromschweißen (Rohre, Präzisionsbauteile, etc.)
- 5.2 Nicht-schweißende Anwendungen von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 5.2.1 Plasmaschneiden

### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

- 5.2.2 Schweißen und Plattieren
- 5.2.3 Sonstige Anwendungen für Hochtemperaturentladungen
- 5.3 Anwendungsbranchen von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 5.3.1 Luft- und Raumfahrt
  - 5.3.2 Automobilbau
  - 5.3.3 Energie und Chemikalien
  - 5.3.4 Herstellung von Medizinprodukten
- 5.4 Spezielle Anwendungsfälle von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 5.4.1 Schweißen von Edelstahl und Titanlegierungen
  - 5.4.2 Löten von mikroelektronischen Bauteilen
  - 5.4.3 Schweißen von Hochspannungs-Kabelbäumen

## **Kapitel 6: Produktionsanlagen für Cer-Wolfram-Elektroden**

- 6.1 Ausrüstung zur Rohstoffaufbereitung für Cer-Wolfram-Elektroden
  - 6.1.1 Wolframpulver-Schleif- und Siebanlagen
  - 6.1.2 Geräte zur Reinigung von Ceroxid
- 6.2 Pulvermetallurgische Ausrüstung für Cer-Wolfram-Elektroden
  - 6.2.1 Mischmaschine und Dopingausrüstung
  - 6.2.2 Hydraulische Press- und isostatische Pressanlagen
  - 6.2.3 Hochtemperatur-Sinterofen (Vakuum-/Atmosphärenofen)
- 6.3 Verarbeitungsanlagen für Cer-Wolfram-Elektroden
  - 6.3.1 Kalandrier- und Ziehmaschine
  - 6.3.2 Präzisionsschleifer und Poliermaschinen
  - 6.3.3 Schneid- und Formgebungsgeräte
- 6.4 Prüf- und Qualitätskontrollgeräte für Cer-Wolfram-Elektroden
  - 6.4.1 Zusammensetzungsanalysatoren (ICP-MS, RFA usw.)
  - 6.4.2 Geräte zur Erkennung von Mikrostrukturen (REM, TEM)
  - 6.4.3 Leistungsprüfgeräte (Leistungstester für die Lichtbogeninitiierung)
- 6.5 Automatisierung und intelligente Ausrüstung für Cer-Wolfram-Elektroden
  - 6.5.1 Industrieroboter und automatisierte Produktionslinien
  - 6.5.2 Online-Überwachungs- und Datenerfassungssystem

## **Kapitel 7: In- und ausländische Normen für Cer- und Wolframelektroden**

- 7.1 Internationaler Standard für Cer-Wolfram-Elektroden
  - 7.1.1 ISO 6848: Klassifizierung und Anforderungen an Wolframelektroden
  - 7.1.2 AWS A5.12: Technische Daten für Wolframelektroden
  - 7.1.3 EN 26848: Europäische Norm für Wolframelektroden
- 7.2 Nationale Normen für Cer-Wolfram-Elektroden
  - 7.2.1 GB/T 4192: Technische Bedingungen für Wolframelektroden
  - 7.2.2 JB/T 12706: Norm für Wolframelektroden zum Schweißen
  - 7.2.3 Weitere relevante Industrienormen
- 7.3 Normvergleich und Interpretation von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 7.3.1 Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen in- und ausländischen Normen

### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

- 7.3.2 Die leitende Bedeutung der Norm für Produktion und Anwendung
- 7.4 Standardaktualisierung und Entwicklungstrend der Cer-Wolfram-Elektrode
- 7.4.1 Auswirkungen neuer Technologien auf Normen
- 7.4.2 Änderungen der Umweltschutz- und Sicherheitsanforderungen

## **Kapitel 8: Detektion von Cer-Wolfram-Elektroden**

- 8.1 Nachweis der chemischen Zusammensetzung von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 8.1.1 Analyse des Ceroxidgehalts
  - 8.1.2 Nachweis von Reinigungselementen
  - 8.1.3 Bewertung der Homogenität
- 8.2 Physikalische Eigenschaften von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 8.2.1 Dichte- und Härteprüfung
  - 8.2.2 Prüfung der Maßhaltigkeit und Oberflächengüte
  - 8.2.3 Prüfung der thermischen Leistung
- 8.3 Erkennung der elektrischen Eigenschaften der Cer-Wolfram-Elektrode
  - 8.3.1 Messung der Elektronenausstrittsleistung
  - 8.3.2 Lichtbogeninitiierung und Leistungstest des dimensionalen Lichtbogens
  - 8.3.3 Test der Burnout-Rate
- 8.4 Gefügedetektion von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 8.4.1 Analyse der Korngröße und -verteilung
  - 8.4.2 Überprüfen Sie die Gleichmäßigkeit der Oxidverteilung
  - 8.4.3 Fehlererkennung (Risse, Poren, etc.)
- 8.5 Umwelt- und Sicherheitsprüfung von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 8.5.1 Nachweis von Radioaktivität
  - 8.5.2 Umweltverträglichkeitsprüfung
  - 8.5.3 Prüfung des Arbeitsschutzes
- 8.6 Prüfgeräte und -technologie von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 8.6.1 Einführung in gängige Prüfinstrumente
  - 8.6.2 Neue Detektionstechnologien (KI-gestützte Detektion usw.)

## **Kapitel 9: Häufige Probleme und Lösungen für Anwender von Cer-Wolfram-Elektroden**

- 9.1 Mögliche Ursachen für die Lichtbogeninstabilität von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 9.1.1 Unsachgemäße Form der Elektrodenspitze
  - 9.1.2 Aktuelle Einstellungen stimmen nicht überein
  - 9.1.3 Fließ- oder Reinheitsprobleme von Schutzgas
  - 9.1.4 Kontamination oder Oxidation der Elektrode
- 9.2 Was soll ich tun, wenn die Spitze der Cer-Wolfram-Elektrode zu schnell durchbrennt?
  - 9.2.1 Überprüfen Sie den aktuellen Typ und die Polarität
  - 9.2.2 Optimieren Sie den Schleifwinkel der Spitze
  - 9.2.3 Art und Durchflussmenge des Schutzgases einstellen
  - 9.2.4 Elektroden mit höherem Cergehalt verwenden
- 9.3 Wie wählt man den richtigen Cerium-Gehalt aus?
  - 9.3.1 Auswahl nach Schweißmaterial (Edelstahl, Aluminium, etc.)

### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

- 9.3.2 Auswahl nach Stromtyp und -intensität
- 9.3.3 Berücksichtigen Sie die Schweißumgebung und die Kompatibilität der Ausrüstung
- 9.3.4 Gleichgewicht zwischen Kosten und Leistung
- 9.4 Gegenmaßnahmen für die Schwierigkeit der Lichtbogenbildung von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 9.4.1 Überprüfen Sie die Sauberkeit der Elektrodenoberfläche
  - 9.4.2 Optimierung der Spitzengeometrie
  - 9.4.3 Einstellen der Parameter der Schweißgeräte (Hochfrequenz-Lichtbogenstart usw.)
  - 9.4.4 Elektrode austauschen oder Stabilität der Stromversorgung prüfen
- 9.5 Analyse der Problematik der gemischten Verwendung von Cerwolfram und Lanthanwolfram
  - 9.5.1 Auswirkungen des Mischens auf die Leistung
  - 9.5.2 Probleme mit der Lichtbogeninstabilität, die durch Mischen verursacht werden können
  - 9.5.3 Identifizierung und Managementvorschläge beim Mischen
  - 9.5.4 Empfohlene Elektrodenauswahl und Alternativen

## **Kapitel 10: Künftiger Entwicklungstrend der Cer-Wolfram-Elektrode**

- 10.1 Technologische Innovation von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 10.1.1 Neue dotierte Materialien und Verfahren
  - 10.1.2 Intelligente und umweltfreundliche Fertigung
  - 10.1.3 Forschung und Entwicklung von Hochleistungselektroden
- 10.2 Anwendungserweiterung von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 10.2.1 Nachfrage aus aufstrebenden Branchen (Neue Energien, Halbleiter und andere)
  - 10.2.2 Mikroschweißen und Ultrapräzisionsschweißtechnik
- 10.3 Markt und Politik von Cer-Wolfram-Elektroden
  - 10.3.1 Prognose der globalen Marktnachfrage
  - 10.3.2 Die Auswirkungen der Umweltschutzpolitik auf die Industrie
  - 10.3.3 Trends im internationalen Handel und in der Lieferkette

## **Anhang**

- A. Glossar
- B. Verweise

### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

## Kapitel 1 Überblick über Cer-Wolfram-Elektroden

### 1.1 Definition und Geschichte der Cer-Wolfram-Elektrode

#### 1.1.1 Chemische Zusammensetzung und Grundkonzept der Cer-Wolfram-Elektrode

Cer-Wolfram-Elektrode ist ein Elektrodenmaterial, das speziell beim Wolfram-Schutzgasschweißen (WIG-Schweißen) und anderen ähnlichen Schweißverfahren verwendet wird, und sein Hauptbestandteil ist eine kleine Menge Ceroxid ( $\text{CeO}_2$ ), das in einer Wolfram (W)-Matrix dotiert ist). für Elektrodenmaterialien. Reine Wolframelektroden haben jedoch Probleme wie Schwierigkeiten beim Lichtbogenbilden, unzureichende Stabilität der Lichtbogensäule und hohe Ausbrennrate beim Schweißen. Um diese Eigenschaften zu verbessern, optimieren die Wissenschaftler die Elektronenaustrittsarbeit, indem sie der Wolframmatrix Seltenerdoxide einsetzen und so die Schweißleistung verbessern. Cer-Wolfram-Elektroden enthalten extern 2 % ~ 4 % Ceroxid, das sich in praktischen Anwendungen als optimal erweist und die Lichtbogeneinleitungsleistung, die Säulenstabilität und die Haltbarkeit der Elektrode erheblich verbessert.

Als Seltenerdoxid weist Ceroxid eine geringe Elektronenaustrittsleistung auf (etwa 2,5 eV im Vergleich zu 4,5 eV bei reinem Wolfram), was bedeutet, dass Elektronen mit größerer Wahrscheinlichkeit aus der Elektrodenoberfläche entweichen, wodurch die für den Lichtbogen erforderliche Spannung reduziert und die Lichtbogenstabilität verbessert wird. In Bezug auf die chemische Zusammensetzung beträgt das typische von Cer-Wolfram-Elektroden 96 % 98 %, Ceroxid macht 2 % und 4 % aus und kann Spuren anderer Verunreinigungen (wie Eisen, Silizium usw.) enthalten, die in der Regel durch hochreine Produktionsprozesse auf extrem niedrigem Niveau kontrolliert werden, um die Stabilität der Elektrodenleistung zu gewährleisten. Bei der Herstellung von Cer-Wolfram-Elektroden wird in der Regel die Pulvermetallurgie-Technologie verwendet, bei der Ceroxidpulver mit Wolframpulver gemischt wird, um durch Pressen, Sintern und Druckverfahren Elektrodenstäbe mit Durchmessern von 0,25 mm bis 6,4 mm und Längen von 75 mm bis 600 mm zu bilden. Zu den gängigen Spezifikationen gehören Durchmesser von 1,0 mm, 1,6 mm, 2,4 mm und 3,2 mm, die den Anforderungen verschiedener Schweißszenarien gerecht werden können.

Auch die physikalischen Eigenschaften von Cer-Wolfram-Elektroden sind zu beachten. Seine Dichte liegt nahe an reinem Wolfram, etwa  $19,2 \text{ g/cm}^3$ , und die Oberfläche ist in der Regel grauweiß oder metallisch. Durch die Zugabe von Ceroxid weist die Elektrode eine bessere Ausbrennfestigkeit bei hohen Temperaturen auf, insbesondere beim Niederstrom-Gleichstromschweißen, wodurch die Stabilität der Elektrodenspitze erhalten und Elektrodenverluste durch Hochtemperaturablation reduziert werden können. Darüber hinaus enthalten Cer-Wolfram-Elektroden keine radioaktiven Materialien, was sie zu einem umweltfreundlichen Elektrodenmaterial macht, das in industriellen Szenarien mit hohen Gesundheits- und Umweltauforderungen weit verbreitet ist.

Aus mikroskopischer Sicht hat die Verteilung von Ceroxid in der Wolframmatrix einen wichtigen Einfluss auf die Leistung der Elektrode. Ceroxidpartikel sind in der Regel gleichmäßig an der Wolframkorngrenze in Mikrometergröße verteilt, wodurch die Rekristallisationstemperatur von

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Wolfram effektiv gesenkt werden kann, wodurch die Kriechfestigkeit und die mechanische Festigkeit der Elektrode verbessert werden. Während des Schweißprozesses können Ceroxid-Partikel auch die thermionische Emission fördern, wodurch die Stabilität des Lichtbogens weiter erhöht wird. Im Vergleich zu anderen dotierten Elektroden (z. B. Thorium-Wolfram-Elektroden) haben Cer-Wolfram-Elektroden hervorragende Lichtbogeneigenschaften bei niedrigen Stromverhältnissen, was sie zum bevorzugten Material für das Schweißen von Schienenrohren und das Schweißen von empfindlichen Bauteilen macht.

Zum Grundkonzept von Cer-Wolfram-Elektroden gehört auch die Eignung unter unterschiedlichen Schweißbedingungen. Beim DCSP-Schweißen (Direct Current Forward) ermöglichen Cer-Wolfram-Elektroden einen stabilen Lichtbogen bei niedrigeren Strömen und eignen sich daher für das Schweißen aus Materialien wie Kohlenstoffstahl, Edelstahl und Titanlegierungen. Beim Wechselstromschweißen (AC) ist die Leistung zwar etwas geringer als bei Thorium-Wolfram-Elektroden, aber durch die Optimierung von Schweißparametern wie Stromgröße und Elektrodenspitzenform lassen sich dennoch gute Schweißergebnisse erzielen. Auch die Geometrie der Elektrodenspitze hat einen erheblichen Einfluss auf die Schweißleistung. Beim Gleichstromschweißen muss die Elektrodenspitze normalerweise in einem Kegelwinkel von  $30^{\circ}$ ~ $60^{\circ}$  geschliffen werden, um die Lichtbogenenergie zu konzentrieren. Beim Wechselstromschweißen bildet die Elektrodenspitze von Natur aus eine halbkugelförmige Form, die zur Zerstreuung des Lichtbogens beiträgt und zum Schweißen von Leichtmetallen wie Aluminium und Magnesium geeignet ist.

### 1.1.2 Entdeckung und Entwicklung von Cer-Wolfram-Elektroden

Die Entdeckung und Entwicklung von Cer-Wolfram-Elektroden steht in engem Zusammenhang mit der Entwicklung der Wolframelektroden in der Schweißindustrie. Die Forschung an Wolframelektroden begann Anfang des 20. Jahrhunderts, als nach und nach die WIG-Schweißtechnologie aufkam und Wolfram aufgrund seines hohen Schmelzpunkts und seiner hohen Temperaturbeständigkeit als Elektrodenmaterial ausgewählt wurde. Reine Wolframelektroden haben jedoch Probleme mit der Lichtbogeninitiierung und der Lichtbogeninstabilität in praktischen Anwendungen, was die Forscher dazu veranlasst hat, die Verbesserung ihrer Leistung durch Dotierung von Seltenerdoxiden zu untersuchen. Bei den frühen Wolframelektroden handelt es sich hauptsächlich um Thorium-Wolfram-Elektroden, die von den 50er bis 80er Jahren des 20. Jahrhunderts aufgrund ihrer hervorragenden Schweißeigenschaften weit verbreitet waren. Thorium (Th) ist jedoch ein radioaktives Element, und sein Thoriumoxid ( $\text{ThO}_2$ ) emittiert bei der Herstellung und Verwendung von Elektroden Spuren von Strahlung (die Strahlendosis beträgt etwa  $3,60 \times 10^5$  Curie/kg), was eine potenzielle Gefahr für die menschliche Gesundheit und die Umwelt darstellt. Diese Problematik hat die Forschung und Entwicklung von nicht-radioaktiven Elektrodenmaterialien gefördert, und in diesem Zusammenhang sind Cer-Wolfram-Elektroden entstanden.

Die Forschung und Entwicklung von Cer-Wolfram-Elektroden begann in den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts und wurde ursprünglich von Forschungseinrichtungen für Schweißmaterialien in Europa und den Vereinigten Staaten vorgeschlagen. Die Forscher fanden heraus, dass Ceroxid als

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

nicht-radioaktives Seltenerdoxid die Elektronenaustrittsarbeit von Wolframelektroden erheblich reduzieren und dadurch die Lichtbogenleistung verbessern kann. Mitte der 1980er Jahre kam die erste Ladung von Cer-Wolfram-Elektroden mit 2 % ~ 4 % Ceroxid auf den Markt und wurde in den Anfängen hauptsächlich in Gleichstromschweißexperimenten verwendet. Im Vergleich zu Thorium-Wolfram-Elektroden haben Cer-Wolfram-Elektroden eine bessere Lichtbogenleistung bei niedrigen Stromverhältnissen und kein Strahlungsrisiko, was schnell die Aufmerksamkeit der Schweißindustrie auf sich gezogen hat.

In den 1990er Jahren, mit der weit verbreiteten Anwendung des WIG-Schweißens und der Plasma-Lichtbogenschweißtechnologie, trat die Entwicklung der Cer-Wolfram-Elektrode in eine Phase rasanter Entwicklung ein. Durch die Verbesserung des Produktionsprozesses wurde die Verteilung von Ceroxid in der Wolframmatrix gleichmäßiger gemacht und die Leistungsstabilität der Elektrode deutlich verbessert. Durch die Optimierung des pulvermetallurgischen Prozesses können Hersteller beispielsweise den Gehalt an Ceroxid und die Partikelgröße präzise steuern und so die Haltbarkeit und Schweißqualität der Elektroden verbessern. Darüber hinaus sind Cer-Wolfram-Elektroden relativ kostengünstig in der Herstellung, was ihnen einen Wettbewerbsvorteil in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit verschafft. In den späten 1990er Jahren begann Cer-Wolfram-Elektroden die Thorium-Wolfram-Elektroden zu ersetzen, insbesondere in Regionen mit hohem Umweltschutz- und Sicherheitsanforderungen, wie z. B. Europa und Nordamerika.

Im 21. Jahrhundert wurde der Anwendungsbereich von Cer-Wolfram-Elektroden weiter ausgebaut. Als Land mit den reichsten Wolframressourcen der Welt (das mehr als 60 % der weltweiten Wolframreserven ausmacht) hat China eine wichtige Rolle bei der Forschung, Entwicklung und Produktion von Cer-Wolfram-Elektroden gespielt. In den frühen 2000er Jahren formulierten die China Tungsten Industry Association und verwandte Unternehmen die nationale Norm „Wolframelektroden für das Lichtbogenschweißen und das Plasmaschweißen und -schneiden“ (GB/T 31908-2015), die die Produktion und Qualitätskontrolle von Cer-Wolframelektroden standardisierte. Seit 2005 ist die Produktion von Cer-Wolfram-Elektroden in China erheblich gestiegen und erreichte 2009 1.200 Tonnen, was etwa 75 % der weltweiten Wolframelektrodenproduktion entspricht. In dieser Zeit wurden Cer-Wolfram-Elektroden in großem Umfang beim Schweißen von Schienenpipelines, bei der Herstellung von Luft- und Raumfahrtkomponenten und beim Schweißen von Präzisionsinstrumenten eingesetzt.

In den letzten Jahren haben Cer-Wolfram-Elektroden mit dem Konzept der grünen Fertigung und nachhaltigen Entwicklung ihre Marktposition aufgrund ihrer strahlungsfreien und geringen Umweltbelastung weiter gestärkt. Große Hersteller von Schweißgeräten auf der ganzen Welt haben begonnen, Cer-Wolfram-Elektroden als Alternative zu Thorium-Wolfram-Elektroden zu empfehlen. Gleichzeitig hat die Einführung neuer Fertigungstechnologien (wie z. B. die nanoskalige Ceroxid-Dotierung) die Leistung von Cer-Wolfram-Elektroden weiter verbessert, so dass sie in hochpräzisen Schweißgeräten und automatisierten Schweißgeräten mechanisch eingesetzt werden.

### 1.1.3 Hintergrund der Cer-Wolfram-Elektrode, die die Thorium-Wolfram-Elektrode ersetzt

Als Mainstream-Elektrodenmaterial in der Schweißindustrie im 20. Jahrhundert waren die

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Thoriumwolframelektroden aufgrund ihrer hervorragenden Schweißleistung weit verbreitet. Die Thorium-Wolfram-Elektrode reduziert die Elektronenaustrittsarbeit (ca. 2,7 eV) erheblich, indem sie die Wolframmatrix mit 2%~3% Thoriumoxid (ThO<sub>2</sub>) dotiert, wodurch sie sowohl beim Gleichstrom- als auch beim Wechselstromschweißen eine gute Leistung erbringt. Die Radioaktivität von Thorium ist jedoch nach und nach zu einem großen Hindernis für seine Anwendung geworden. Thoriumoxid emittiert beim Schleifen, Schweißen und Entsorgen von Elektroden Spuren von Strahlung, und trotz  $\alpha$  niedriger Strahlendosis (ca.  $3,60 \times 10$  Curie/kg) kann eine langfristige Exposition Gesundheitsrisiken für Schweißer darstellen, wie z. B. ein erhöhtes Krebsrisiko. Darüber hinaus erfordert die Abfallentsorgung von Thoriumwolframelektroden besondere Maßnahmen (z. B. tiefe Verlegung oder luftdichte Lagerung), was zu steigenden Nutzungskosten und Umweltbelastungen führt.

In den 1970er Jahren regulierte die internationale Gemeinschaft radioaktive Stoffe immer stärker. So hat beispielsweise die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) restriktive Empfehlungen zur beruflichen Strahlenbelastung herausgegeben, was die Schweißindustrie dazu veranlasst, nach nicht-radioaktiven Alternativen zu suchen. Cer-Wolfram-Elektroden sind aufgrund ihrer strahlungsfreien Eigenschaften, ihrer hervorragenden Lichtbogeneigenschaften und ihrer geringen Einbrennrate eine der begehrten Alternativen. Im Vergleich zu Thorium-Wolfram-Elektroden weisen Cer-Wolfram-Elektroden eine niedrigere Lichtbogen-Startspannung und eine höhere Stromdichte beim DC-Vorschubschweißen auf, was sich besonders für Niedrigstrom-Schweißszenarien eignet. Darüber hinaus ist der Herstellungsprozess der Cer-Wolfram-Elektrode relativ einfach und die Kosten niedriger, was die Förderung weiter beschleunigt.

Der Prozess des Austauschs von Thoriumwolframelektroden wird nicht über Nacht erreicht. In den 1990er Jahren wurden Thorium-Wolfram-Elektroden aufgrund ihrer Stabilität und einfachen Bedienung bei hohen Lastströmen noch von vielen traditionellen Schweißern und Unternehmen bevorzugt. Vor allem in Entwicklungsländern ist der Einsatz von Thoriumwolframelektroden aufgrund des unzureichenden Verständnisses der Strahlengefahren hoch. Mit der Verbesserung der Umweltvorschriften und der Weiterentwicklung der Schweißtechnologie haben Cer-Wolfram-Elektroden jedoch nach und nach eine dominierende Stellung auf dem Markt eingenommen. Die European Welding Society und die American Welding Society (AWS) gaben Anfang der 2000er Jahre Leitlinien heraus, in denen sie die Verwendung von Cer-Wolfram- und Lanthan-Wolfram-Elektroden als Alternativen zu Thorium-Wolfram-Elektroden empfahlen. Auch China hat den Anteil von Cer-Wolfram-Elektroden an der Produktion von Wolfram-Elektroden nach 2005 deutlich erhöht.

Der Ersatzhintergrund hängt auch mit der globalen Verteilung der Wolframressourcen und der Marktnachfrage zusammen. Als weltweit größter Wolframproduzent verfügt China über reichlich vorhandene Cer-Ressourcen (Seltenerdreserven machen mehr als 30 % der weltweiten Reserven aus), die eine Rohstoffgarantie für die großtechnische Produktion von Cer-Wolfram-Elektroden bieten. Im Gegensatz dazu sind die Thoriumressourcen knapp und die Abbau- und Verarbeitungskosten hoch, was die Wettbewerbsfähigkeit von Cer-Wolfram-Elektroden auf dem Markt weiter fördert.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

## 1.2 Die Stellung der Cer-Wolfram-Elektrode in der Schweißindustrie

### 1.2.1 Vergleich der Cer-Wolfram-Elektrode mit anderen Wolfram-Elektroden

Die Position von Cer-Wolfram-Elektroden in der Schweißindustrie hängt eng mit ihren Leistungsunterschieden zu anderen Arten von Wolframelektroden zusammen, wie z. B. Thorium-Wolfram, Lanthan-Wolfram, Zirkonium-Wolfram, Yttrium-Wolfram und reine Wolfram-Elektroden. Im Folgenden finden Sie einen detaillierten Vergleich von Cer-Wolfram-Elektroden mit anderen Elektroden aus mehreren Dimensionen:

**Lichtbogeneinleitungsleistung:** Cer-Wolfram-Elektroden weisen beim Niederstrom-Gleichstromschweißen hervorragende Lichtbogeneinleitungseigenschaften auf, mit einer Lichtbogeneinleitungsspannung, die niedriger ist als bei reinen Wolframelektroden und Thorium-Wolfram-Elektroden. Dies ist auf die geringe Elektronenaustrittsarbeit von Ceroxid zurückzuführen, die es den Elektronen erleichtert, aus der Elektrodenoberfläche zu entweichen. Im Gegensatz dazu bieten Thoriumwolframelektroden eine stabilere Lichtbogenleistung bei hohen Strömen, aber ihre Strahlungsprobleme schränken ihre Einsatzmöglichkeiten ein. Die Lichtbogenleistung der Lanthan-Wolfram-Elektrode (mit 1,5 % ~ 2 % Lanthanoxid) ist ähnlich wie die der Cer-Wolfram-Elektrode, aber beim AC-Schweißen etwas schlechter. Zirkonium-Wolfram-Elektroden und reine Wolfram-Elektroden eignen sich hauptsächlich für das Wechselstromschweißen und weisen eine schlechte Lichtbogenleistung auf.

**Lichtbogenstabilität:** Cer-Wolfram-Elektroden können beim Gleichstrom-Vorschweißen einen stabilen Lichtbogen aufrechterhalten, insbesondere unter niedrigen Strombedingungen (10 ~ 50 A), mit weniger Lichtbogenjitter, geeignet für Präzisionsschweißen. Die Thorium-Wolfram-Elektrode hat eine bessere Lichtbogenstabilität bei hohen Strömen (>100 A), aber ihre Ausbrennrate ist höher. Lanthan-Wolfram-Elektroden weisen sowohl beim Gleichstrom- als auch beim Wechselstromschweißen eine gute Lichtbogenstabilität auf, und ihre Haltbarkeit ist besser als die von Cer-Wolfram-Elektroden. Die Zirkonium-Wolframelektrode ist lichtbogenstabil beim Wechselstromschweißen und eignet sich für das Schweißen von Aluminium- und Magnesiumlegierungen, jedoch nicht für das Gleichstromschweißen.

**Ausbrennrate:** Die Ausbrennrate von Cer-Wolfram-Elektroden ist niedriger als die von Thorium-Wolfram-Elektroden beim Gleichstromschweißen, und die Lebensdauer der Elektrode ist länger. Beim AC-Schweißen ist die Ausbrandrate der Cer-Wolfram-Elektrode etwas höher als die der Thorium-Wolfram-Elektrode, kann aber durch Optimierung der Schweißparameter effektiv gesteuert werden. Lanthan-Wolfram-Elektroden haben die geringste Ausbrennrate, insbesondere bei hohen Stromverhältnissen. Die hohe Ausbrandrate von reinen Wolframelektroden und Zirkonium-Wolframelektroden schränkt ihre Anwendung in Szenarien mit hoher Belastung ein.

**Anwendbare Materialien:** Cer-Wolfram-Elektroden eignen sich zum Gleichstromschweißen von Kohlenstoffstahl, Edelstahl, Titanlegierungen und Nickellegierungen, insbesondere beim Schweißen von Schienenrohren und dünnen Blechen. Thorium-Wolfram-Elektroden sind für diese Materialien gleichermaßen geeignet, aber bei hohen Lastströmen vorteilhafter. Lanthan-Wolfram-Elektroden eignen sich sowohl für das Gleichstrom- als auch für das Wechselstromschweißen und

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

sind damit für eine Vielzahl von Materialien geeignet. Zirkonium-Wolfram-Elektroden und reine Wolfram-Elektroden werden hauptsächlich für das Wechselstromschweißen von Aluminium, Magnesium und deren Legierungen verwendet. Yttrium-Wolframelektroden werden aufgrund ihrer hohen Eindringtiefeigenschaften hauptsächlich für Spezialschweißungen im Militär- und Luft- und Raumfahrtbereich eingesetzt.

Umwelt und Sicherheit: Cer-Wolfram-Elektroden und Lanthan-Wolfram-Elektroden haben aufgrund ihrer nicht-radioaktiven Natur besondere Vorteile und gelten als umweltfreundliche Materialien. Thorium-Wolfram-Elektroden erfordern aufgrund von Strahlungsproblemen eine spezielle Behandlung (z. B. geschlossene Lagerung und staubdichtes Schleifen), was die Nutzungskosten erhöht. Zirkonium-Wolfram-Elektroden und reine Wolfram-Elektroden haben keine Strahlungsprobleme, aber ihre Leistungseinschränkungen machen ihren Anwendungsbereich eng.

Kosten und Verfügbarkeit: Die Produktionskosten von Cer-Wolfram-Elektroden sind niedriger als die von Thorium-Wolfram-Elektroden, und Cer-Ressourcen sind reichlich vorhanden und das Marktangebot ist stabil. Lanthan-Wolfram-Elektroden kosten etwas mehr als Cer-Wolfram-Elektroden, aber ihre hervorragenden Eigenschaften haben ihnen einen Platz im High-End-Markt verschafft. Die Kosten für Thorium-Wolfram-Elektroden steigen aufgrund der Verknappung der Thoriumressourcen und der Anforderungen des Umweltschutzes allmählich an. Zirkonium-Wolfram-Elektroden und reine Wolfram-Elektroden haben niedrigere Kosten, aber begrenzte Anwendungsmöglichkeiten.

Ein berühmter Test aus dem Jahr 1998 verglich die Leistung von 2 % Thorium-Wolfram-Elektroden, 2 % Cer-Wolfram-Elektroden und 1,5 % Lanthan-Wolfram-Elektroden beim 70-A- und 150-A-Gleichstromschweißen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Lichtbogenleistung und die Einbrennrate von Cer-Wolfram-Elektroden bei niedrigen Strömen besser waren als die von Thorium-Wolfram-Elektroden, während die Lanthan-Wolfram-Elektroden unter beiden Strombedingungen gut abschnitten. Dieser Test bietet eine wichtige Grundlage für die Popularisierung von Cer-Wolfram-Elektroden.

### 1.2.2 Globaler Marktüberblick und Entwicklungstrends

Cer-Wolfram-Elektroden festigen zunehmend ihre Position auf dem globalen Schweißmarkt, und ihre Marktnachfrage steht in engem Zusammenhang mit der Popularität des WIG-Schweißens und des Plasma-Lichtbogenschweißens. Die globale Marktgröße für Wolframelektroden ist in den letzten zehn Jahren stetig gewachsen, mit einem Gesamtverbrauch von etwa 1.600 Tonnen im Jahr 2020, von denen Cer-Wolframelektroden etwa 30 % ~ 40 % des Marktanteils ausmachen. Als weltweit größter Produzent von Wolframelektroden macht China mehr als 75 % der weltweiten Jahresproduktion aus, wobei die Produktion und der Export von Cer-Wolfram-Elektroden weiter wachsen. Im Jahr 2009 erreichte die Produktion von Wolframelektroden in China 1.200 Tonnen, wobei die Cer-Wolfram-Elektrode dominierend war.

#### Markttreiber:

Umweltnachfrage: Die weltweite Nachfrage nach umweltfreundlicher Fertigung und

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

strahlungsfreien Materialien hat die Popularität von Cer-Wolfram-Elektroden vorangetrieben. Strenge Umweltvorschriften in europäischen und amerikanischen Ländern (wie z. B. die EU-RoHS-Richtlinie) beschränken die Verwendung von Thoriumwolframelektroden ein, und Cerwolframelektroden sind zu den wichtigsten Alternativen geworden.

Technologischer Fortschritt: Die Entwicklung automatisierter Schweißgeräte und Präzisionsschweißtechniken hat die Nachfrage nach Hochleistungselektroden erhöht. Die hervorragende Leistung von Cer-Wolfram-Elektroden beim orbitalen Rohrleitungsschweißen und beim Roboterschweißen hat dazu geführt, dass der Marktanteil des Unternehmens weiter ausgebaut werden konnte.

Kostenvorteil: Die Produktionskosten von Cer-Wolfram-Elektroden sind niedriger als die von Thorium-Wolfram-Elektroden, und Chinas reichlich vorhandene Cer-Ressourcen senken die Rohstoffkosten, wodurch sie in preissensiblen Märkten wie Südostasien und Südamerika wettbewerbsfähiger werden.

Erweiterte Industrieanwendungen: Cer-Wolfram-Elektroden werden zunehmend in der Luft- und Raumfahrt, im Automobilbau, in der Petrochemie und im Schiffbau eingesetzt. In der Luft- und Raumfahrt werden beispielsweise Cer-Wolfram-Elektroden für das Präzisionsschweißen von Titan- und Nickellegierungen verwendet; Im Bereich der Petrochemie kommen die geringe Stabilitätsrate und die hohe beim Rohrleitungsschweißen zugute.

### **Regionale Marktanalyse:**

China: Als globales Zentrum für die Produktion und den Verbrauch von Wolframelektroden ist die Produktion von Cer-Wolframelektroden in China seit 2005 stark gewachsen. Die Abhängigkeit des heimischen Marktes von Thorium-Wolfram-Elektroden hat allmählich abgenommen, und Cer-Wolfram-Elektroden sind zum Mainstream geworden.

Nordamerika: Die Nachfrage nach Cer-Wolfram-Elektroden auf dem US-Schweißmarkt wächst stetig, hauptsächlich für das Schweißen von Edelstahl und Titanlegierungen. Unternehmen wie Lincoln Electric fördern aktiv Cer-Wolfram-Elektroden, um die Umweltauflagen zu erfüllen.

Europa: Die European Welding Association hat einen hohen Grad an Anerkennung für Cer-Wolfram-Elektroden, insbesondere in Fertigungszentren wie Deutschland und Schweden, wo Cer-Wolfram-Elektroden in der Automobil- und Luftfahrtindustrie weit verbreitet sind.

Asien-Pazifik (ohne China): Der Schweißmarkt in Indien, Südkorea und Japan wächst schnell, und Cer-Wolfram-Elektroden werden von kleinen und mittleren Unternehmen aufgrund ihrer niedrigen Kosten und hohen Leistung bevorzugt.

Weitere Regionen: Die Öl- und Gasindustrie in Südamerika und im Nahen Osten erhöht die Nachfrage nach Cer-Wolfram-Elektroden weiter, insbesondere beim Schweißen von Pipelines.

### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

**Entwicklungstrend:**

Anwendungen in der Nanotechnologie: Durch die Dotierung von nanoskaligen Ceroxidpartikeln in einer Wolframmatrix wird die Leistung der Elektrode weiter optimiert, was zu einer niedrigeren Lichtbogen­spannung und einer längeren Lebensdauer führt.

Intelligente Fertigung: Mit dem Fortschritt von Industrie 4.0 wurden im Produktionsprozess von Cer-Wolfram-Elektroden nach und nach intelligente Überwachungs- und Automatisierungsgeräte eingeführt, die die Produktqualität und -konsistenz verbessern.

Diversifizierte Anwendungen: Die Anwendung von Cer-Wolfram-Elektroden erweitert sich vom traditionellen WIG-Schweißen auf das Plasmaschneiden, Sprühen und Schmelzen mit enormem Marktpotenzial.

Anhebung der Umweltstandards: Weltweite Auflagen für die Verwendung radioaktiver Materialien werden den Marktanteil von Cer-Wolfram-Elektroden weiter erhöhen, die bis 2030 voraussichtlich mehr als 50 % des Weltmarktes ausmachen werden.

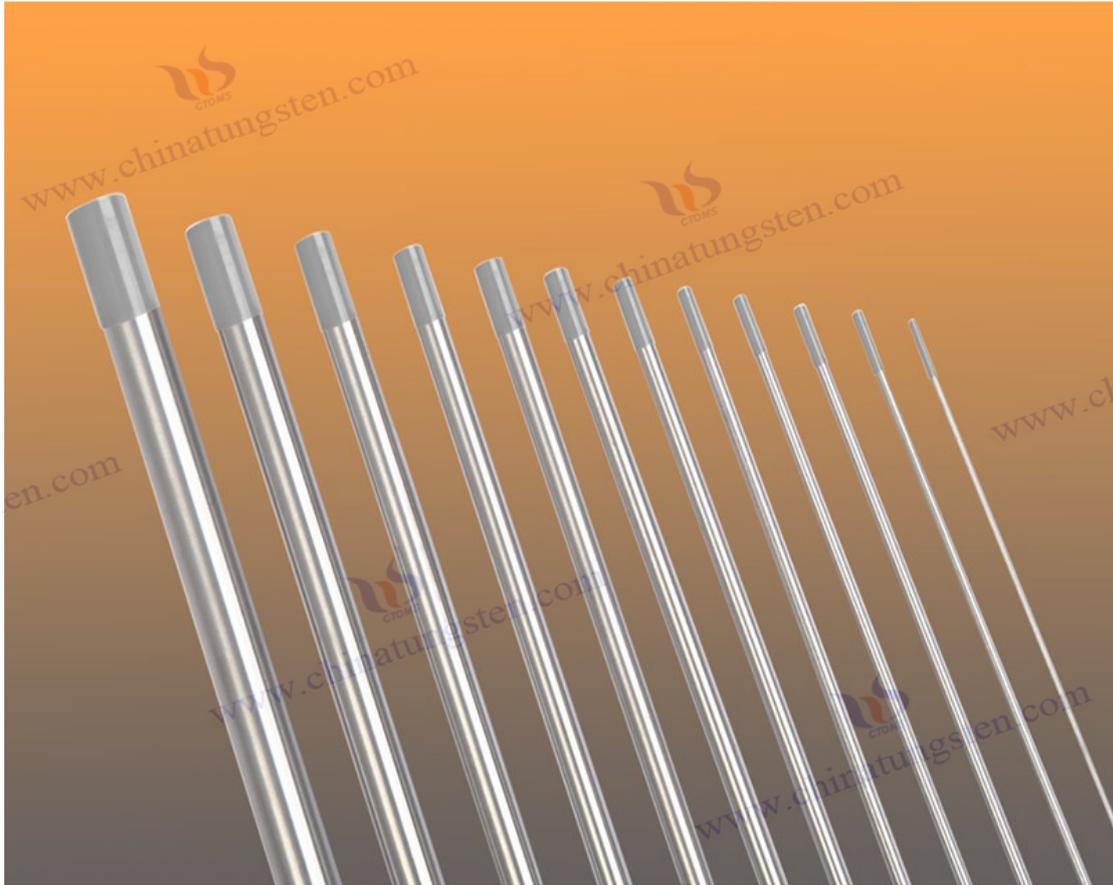
**Herausforderung:**

Marktbewusstsein: In einigen Entwicklungsländern sind sich Schweißer der Strahlengefahren von Thoriumwolframelektroden nicht bewusst, was zu einer langsameren Förderung von Cerwolframelektroden führt.

Technische Barrieren: High-End-Schweißanwendungen (z. B. Luft- und Raumfahrt) erfordern eine extrem hohe Elektrodenleistung und müssen weiter optimiert werden, um diesen Anforderungen gerecht zu werden.

Konkurrenzdruck: Lanthan-Wolfram-Elektroden bilden aufgrund ihrer hervorragenden Leistung unter hohen Strombedingungen eine gewisse Konkurrenz für Cer-Wolfram-Elektroden, insbesondere auf dem europäischen Markt.

**Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**



## Kapitel 2 Klassifizierung von Cer-Wolfram-Elektroden

### 2.1 Einstufung nach Ceroxidgehalt

#### 2.1.1 Eigenschaften und Anwendungen der 2%igen Ceroxid-Elektrode (WC20).

Die 2%ige Ceroxid-Elektrode (internationaler Standardcode WC20) ist derzeit die gebräuchlichste und am weitesten verbreitete Art von Cer-Wolfram-Elektroden, und ihre chemische Zusammensetzung besteht in der Regel aus 98 % Wolfram (W) und 2 % Ceroxid ( $\text{CeO}_2$ ), ergänzt durch Spurenverunreinigungen (wie Eisen, Silizium, Aluminium usw., der Gehalt wird unter 0,01 % kontrolliert). Das Dotierungsverhältnis von Ceroxid hat sich seit langem in der Praxis bewährt und gilt als die beste Wahl, um Leistung und Kosten in Einklang zu bringen. WC20-Elektroden dominieren die weltweite Schweißindustrie aufgrund ihrer hervorragenden Lichtbogeneigenschaften, ihrer geringen Ausbrennrate und ihrer nicht-radioaktiven Eigenschaften.

#### Charakterisierung

**Lichtbogenleistung:** Die Elektronenausstrittsleistung der WC20-Elektrode beträgt ca. 2,5 eV, was viel niedriger ist als die 4,5 eV von reinen Wolframelektroden, was es ihr ermöglicht, bei niedrigeren Spannungen beim Niederstromschweißen (1050 A) DC Forward (DCEN) schnell zu lichtbogen. Experimente zeigen, dass die Lichtbogenstartspannung der WC20-Elektrode etwa 15 % und 20 % niedriger ist als die der reinen Wolframelektrode und die Lichtbogenstartzeit auf weniger als 0,1 Sekunden verkürzt wird, was die Schweißeffizienz erheblich verbessert.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

**Lichtbogenstabilität:** Ceroxidpartikel sind gleichmäßig an den Korngrenzen der Wolframmatrix verteilt, wodurch die thermionische Emissionskapazität der Elektrodenoberfläche erhöht wird. Beim Gleichstromschweißen beträgt die Lichtbogen-Jitter-Rate der WC20-Elektrode weniger als 5 %, besser ist sie als bei der Thorium-Wolfram-Elektrode (WT20, ca. 8 %). Damit eignet es sich besonders für Präzisionsschweißszenarien, die einen stabilen Lichtbogen erfordern, wie z. B. das Schweißen von Edelstahlrohren und Titanbauteilen.

**Ausbrennrate:** Die Elektrode WC20 weist bei niedrigem bis mittlerem Strömen (10150 A) eine sehr niedrige Ausbrennrate auf, und die Elektrodenspitze behält ihren ursprünglichen Konuswinkel (30°/60°) nach 8 Stunden ununterbrochenem Schweißen bei. Im Gegensatz dazu haben Thoriumwolframelektroden unter gleichen Bedingungen eine um etwa 20 % höhere Ausbrennrate, wodurch WC20-Elektroden länger halten und die Austauschhäufigkeit und die Kosten reduziert werden.

**Umweltfreundlichkeit:** Die WC20-Elektrode enthält keine radioaktiven Materialien und erfüllt die strengen Anforderungen der EU-RoHS-Richtlinie und der US-amerikanischen OSHA-Norm für Arbeitssicherheit. Im Vergleich zur Thorium-Wolfram-Elektrode (WT20) benötigt die WC20 insbesondere keine Schutzmaßnahmen bei der Herstellung, dem Schleifen und der Entsorgung, wodurch Umweltbelastungen und Gesundheitsrisiken reduziert werden.

**Mechanische Eigenschaften:** Die Kriechfestigkeit der WC20-Elektrode ist dank der Verfeinerung der Wolframkörner durch Ceroxidpartikel besser als die der reinen Wolframelektrode. Seine Zugfestigkeit beträgt etwa 2500 MPa und seine Bruchzähigkeit beträgt etwa  $1,2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ , was thermischen und mechanischen Belastungen beim Hochtemperaturschweißen standhält.

### **Anwendungsszenarien**

Die WC20-Elektrode wird häufig in den folgenden Bereichen eingesetzt:

**Schweißen von Kohlenstoffstahl und Edelstahl:** Im Bauwesen, bei der Herstellung von Brücken und Druckbehältern wird die WC20-Elektrode zum WIG-Schweißen von Kohlenstoffstahl und Edelstahl verwendet. Seine Lichtbogenleistung bei niedrigem Strom eignet sich zum Schweißen dünner Bleche (Dicke < 2 mm), um ein Durchbrennen zu vermeiden.

**Schweißen von Titanlegierungen und Nickellegierungen:** In der Luft- und Raumfahrt werden WC20-Elektroden zum Präzisionsschweißen von Titanlegierungen (z. B. Ti-6Al-4V) und Nickellegierungen (z. B. Inconel 718) verwendet, um hohe Anforderungen an Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit zu erfüllen.

**Orbitales Rohrleitungsschweißen:** In der Öl- und Gasindustrie wird die WC20-Elektrode aufgrund ihres stabilen Lichtbogens und ihrer geringen Ausbrennrate häufig zum automatisierten Schweißen von Fernrohrleitungen verwendet.

**Schiffbau:** Die Elektrode WC20 eignet sich zum Schweißen aus hochfestem Stahl für Marineanwendungen, und ihre wasserstoffarmen Eigenschaften reduzieren Porosität und Risse in

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

der Schweißnaht.

### **Fertigung & Qualitätskontrolle**

Die WC20-Elektrode wird in einem pulvermetallurgischen Verfahren hergestellt, wobei folgende Schritte in bestimmten Schritten durchgeführt werden:

Rohstoffverhältnis: Hochreines Wolframpulver (Reinheit  $\geq 99,95\%$ ) und Ceroxidpulver (Reinheit  $\geq 99,9\%$ ) werden im Verhältnis 98:2 gemischt.

Pressformen: Das gemischte Pulver wird durch kaltisostatisches Pressen (CIP) zu Knüppeln gepresst, normalerweise bei einem Druck von 200~300 MPa.

Sintern: Sintern bei 2000~2200°C unter Wasserstoffschutzatmosphäre, um Ceroxidpartikel gleichmäßig auf der Wolframmatrix zu verteilen.

Ziehen und Finishen: Elektrodenstäbe mit Standarddurchmesser (1,06,4 mm) und Länge (75600 mm) werden durch Warmziehen und Schleifen umgeformt.

Im Hinblick auf die Qualitätskontrolle verlangen internationale Normen (wie z. B. ISO 6848), dass die Abweichung des Ceroxidgehalts von WC20-Elektroden bei  $\pm 0,1\%$  kontrolliert werden sollte und es keine Risse, Schlackeneinschlüsse und andere Defekte auf der Oberfläche geben sollte. Inländische Unternehmen verwenden Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA) und Rasterelektronenmikroskopie (REM), um die Elektrodenzusammensetzung und Mikrostruktur zu ermitteln und so eine gleichbleibende Leistung zu gewährleisten.

### **Zusammenfassung der Vor- und Nachteile**

#### **Verdienst:**

Hervorragende Lichtbogenleistung bei geringen Strömen.

Lichtbogenstabilisiert, geeignet für Präzisionsschweißen.

Nicht radioaktiv und im Einklang mit den Umweltauflagen.

Die Produktionskosten sind niedrig und der Markt ist wettbewerbsfähig.

#### **Mangold:**

Beim Hochstromschweißen ( $>200\text{ A}$ ) ist die Lichtbogenstabilität etwas schlechter als bei Thorium-Wolfram-Elektroden.

Die Elektrodenspitze kann nach längerem Gebrauch mit hoher Last eine leichte Erosion erfahren.

### **2.1.2 Entwicklung und Anwendung anderer nicht standardisierter Inhaltselektroden**

Neben WC2-Elektroden mit 20 % Ceroxid gibt es auch einige nicht standardmäßige Cer-Wolfram-Elektroden auf dem Markt, wie z. B. 1 %, 3 % und 4 % Ceroxid-Elektroden. Diese Elektroden werden oft für bestimmte Anwendungsszenarien entwickelt, um spezielle Schweißanforderungen zu erfüllen oder bestimmte Eigenschaften zu optimieren.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

## CTIA GROUP LTD

### Cerium Tungsten Electrode Introduction

#### 1. Overview of Cerium Tungsten Electrode

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO<sub>2</sub>). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

#### 2. Features of Cerium Tungsten Electrode

**Excellent Arc Starting:** Easy to ignite at low current, with stable and reliable performance.

**Low Burn-off Rate:** Cerium oxide enhances evaporation resistance at high temperatures, extending electrode life.

**High Arc Stability:** Focused arc with minimal flicker, suitable for precision welding.

**Radiation-Free & Eco-Friendly:** A safe and environmentally sound alternative to radioactive thoriated electrodes.

#### 3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode

Type	CeO <sub>2</sub> Content	Color Code	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

#### 4. Applications of Cerium Tungsten Electrode

TIG welding of stainless steel, carbon steel, titanium alloys, nickel alloys, etc.

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

Low-current plasma arc cutting and high-frequency ignition systems

#### 5. Procurement Information

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: [www.tungsten.com.cn](http://www.tungsten.com.cn)

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Copyright© 2025 CTIA All Rights Reserved  
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2025 version  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

Tel: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2025V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

### 1% Ceroxid-Elektrode

Die 1%ige Ceroxid-Elektrode (manchmal auch WC10 genannt) enthält etwa 1% CeO<sub>2</sub> und etwa 99% Wolfram. Seine Hauptmerkmale sind:

Niedrigstromoptimierung: Aufgrund des geringeren Ceroxidgehalts ist die Elektronenaustrittsarbeit etwas höher als bei WC20 (ca. 2,7 eV), aber immer noch besser als bei reinen Wolframelektroden. Es eignet sich für das Löten mit extrem niedrigem Strom (5 ~ 30 A), wie z. B. das Schweißen von mikroelektronischen Geräten und medizinischen Geräten.

Hohe Haltbarkeit: Die Ausbrennrate ist extrem niedrig und die Lebensdauer der Elektrode ist etwa 10 % ~ 15 % länger als die des WC20, der für dauerhaftes Schweißen kontinuierlich geeignet ist.

Anwendungen: Wird hauptsächlich zum Schweißen von Chip-Verpackungen in der Halbleiterindustrie und zum Schweißen von Implantaten aus Titanlegierungen im medizinischen Bereich verwendet. So weisen beispielsweise 1 % Ceroxid-Elektroden eine hervorragende Lichtbogenkontrolle beim Schweißen von Herzschrittmachergehäusen auf.

### 3% ~ 4% Ceroxid-Elektrode

3% ~ 4% Ceroxid-Elektroden (wie WC30, WC40) enthalten einen höheren Anteil an Ceroxid, das die Anlaufspannung des Lichtbogens weiter reduzieren und die Lichtbogenstabilität verbessern soll. Zu den Funktionen gehören:

Extrem niedrige Lichtbogen-Startspannung: Die Elektronenaustrittsleistung kann bis zu 2,3 eV betragen, und die Lichtbogen-Startspannung ist etwa 5 % niedriger als die des WC20, wodurch er für automatisierte Schweißgeräte geeignet ist, die einen schnellen Lichtbogen erfordern.

Hohe Stromanpassungsfähigkeit: Beim 100 ~ 200 A Gleichstromschweißen ist die Lichtbogenstabilität besser als bei WC20 in der Nähe der Thorium-Wolfram-Elektrode.

Anwendungen: Weit verbreitet beim Schweißen von dicken Titanlegierungen in der Luft- und Raumfahrt und beim Schweißen von Zirkoniumlegierungen in der Nuklearindustrie. Die 3%ige Ceroxid-Elektrode eignet sich beispielsweise hervorragend zum Schweißen von Druckbehältern in Kernreaktoren und reduziert effektiv den Lichtbogenjitter.

Herausforderung: Ein hoher Ceroxidgehalt kann dazu führen, dass die Elektrode bei hohen Temperaturen eine leichte Versprödung aufweist, wobei die mechanische Festigkeit etwas niedriger ist als bei WC20.

### Entwicklungstrends

Die Entwicklung von Cer-Wolfram-Elektroden mit nicht standardmäßigem Gehalt konzentriert sich hauptsächlich auf die folgenden Richtungen:

Nanoskalige Dotierung: Durch das Einbringen von nanoskaligen Ceroxidpartikeln (Partikelgröße <

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

100 nm) wird die Gleichmäßigkeit der Verteilung der Partikel in der Wolframmatrix verbessert, wodurch die thermische Stabilität und der Ausbrennwidstand der Elektrode verbessert werden. Eine Studie aus dem Jahr 2020 zeigte, dass nanoskalige 3%ige Ceroxid-Elektroden etwa 20 % länger halten als herkömmliche WC30-Elektroden.

Kompositdotierung: Andere Seltenerdoxide (wie Lanthanoxid oder Yttriumoxid) werden der Cer-Wolfram-Elektrode zugesetzt, um eine Compositelektrode zu bilden, die die Leistung der Lichtbogenzündung und die Stabilität bei hohen Temperaturen ausgleicht. Eine Compositelektrode aus 1 %  $\text{CeO}_2$ +1 %  $\text{La}_2\text{O}_3$  eignet sich beispielsweise hervorragend für das Hochstrom-Wechselstromschweißen.

Kundenspezifische Produktion: Entwicklung von Cer-Wolfram-Elektroden mit speziellem Gehalt (z. B. 1,5 % oder 2,5 %) gemäß den spezifischen Anforderungen der Industrie, um die speziellen Anforderungen des Mikroschweißens oder des Hochlastschweißens zu erfüllen.

#### **Fälle:**

1% Ceroxid-Elektrode: Wird bei der Halbleiterherstellung zum Löten von Kupfer-Wolfram-Verbindungen für Mikroleiterplatten verwendet, um eine hohe Präzision und thermische Belastung zu gewährleisten.

4% Ceroxid-Elektrode: Wird beim Schweißen von Rohren aus Zirkoniumlegierungen bei der Herstellung von Kernkraftwerken verwendet und reduziert aufgrund seiner hohen Stromanpassungsfähigkeit die Schweißfehlerrate.

Dotierte Compositelektrode: Im Triebwerksbau wird die Elektrode 1% $\text{CeO}_2$ +1% $\text{Y}_2\text{O}_3$  zum Schweißen von Superlegierungen auf Nickelbasis verwendet, wodurch die Ermüdungsbeständigkeit der Schweißnaht verbessert wird.

Obwohl die Entwicklung von Elektroden mit nicht standardmäßigem Inhalt den Anwendungsbereich von Cer-Wolfram-Elektroden erweitert hat, ist ihr Marktanteil relativ gering (etwa 5 % ~ 10 %), hauptsächlich aufgrund hoher Produktionskosten und spezieller Anwendungsszenarien. In Zukunft wird erwartet, dass diese Elektroden mit der Weiterentwicklung der Nanotechnologie und der Komposit-Dotierungstechnologie einen größeren Anteil am High-End-Markt gewinnen werden.

## **2.2 Klassifizierung nach Stromtyp**

### **2.2.1 Cer-Wolfram-Elektrode für das Gleichstromschweißen (DCEN/DCEP)**

Cer-Wolfram-Elektroden für das DC-Schweißen werden hauptsächlich in zwei Modi unterteilt: DC-Vorwärts- (DCEN, Elektrode auf negative Elektrode) und DC-Rückschaltung (DCEP, Elektrode auf positive Elektrode), wobei DCEN das häufigste Anwendungsszenario für Cer-Wolfram-Elektroden ist.

#### **DCEN (Gleichstromanschluss)**

Im DCEN-Modus wird die Elektrode mit der negativen Elektrode des Netzteils verbunden, das Werkstück wird mit der positiven Elektrode verbunden, und die Elektronen fließen von der

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Elektrode zum Werkstück, und die Wärme konzentriert sich hauptsächlich auf das Werkstück, das für das Tiefschweißen der meisten Metalle geeignet ist. Besonders herausragend ist die WC20-Elektrode im DCEN-Modus:

Lichtbogenzündungsleistung: Die Lichtbogenleistung der WC20-Elektrode im Strombereich von 10150 A beträgt nur 1015 V und die Lichtbogeneinleitungszeit weniger als 0,1 Sekunden.

Lichtbogenstabilität: Der Lichtbogen ist konzentriert und die Jitterrate beträgt weniger als 5 %, wodurch es zum Schweißen von Kohlenstoffstahl, Edelstahl, Titanlegierungen und Nickellegierungen geeignet ist.

Ausbrennrate: Beim kontinuierlichen Schweißen bei 50 A Strom für 10 Stunden beträgt die Ausbrennlänge der Elektrodenspitze weniger als 0,5 mm, was besser ist als die einer Thoriumwolframelektrode.

Form der Elektrodenspitze: Normalerweise auf einen Kegelwinkel von  $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$  geschliffen, um die Lichtbogenenergie zu konzentrieren und die Eindringtiefe zu verbessern.

#### **Wenden:**

Schweißen von Rohrleitungen: In der Öl- und Gasindustrie werden WC20-Elektroden für das Wurzelschweißen und das Zusatzschweißen von API 5L-Standardrohren verwendet.

Luft- und Raumfahrt: Wird zum Schweißen von Körperkomponenten aus Titanlegierungen (z. B. Ti-6Al-4V) verwendet, um eine hohe Festigkeit und Porosität zu gewährleisten.

Edelstahlbehälter: In der Lebensmittel- und Chemieindustrie werden WC20-Elektroden zum Schweißen von Behältern aus Edelstahl 304/316 mit schönen Schweißnähten und Korrosionsbeständigkeit verwendet.

#### **DCEP (DC-Sperrschaltung)**

Im DCEP-Modus wird die Elektrode mit der positiven Elektrode verbunden und die Wärme auf die Elektrode konzentriert, wodurch sie für Schweißen geeignet ist, die geringe Eindringtiefen erfordern, wie z. B. Aluminiumblech oder Magnesiumlegierungen. Die WC20-Elektrode schneidet im DCEP-Modus etwas schlechter als DCEN, erfüllt aber dennoch die Anforderungen, indem sie die Form der Elektrodenspitze (z. B. halbkugelförmige Form) und die Stromparameter optimiert:

Lichtbogeninitiierungsleistung: Die Lichtbogenleistung ist etwas höher (15 ~ 20 V), aber immer noch besser als bei reinen Wolframelektroden.

Lichtbogenstabilität: Der Lichtbogen ist stärker gestreut und eignet sich zum Reinigen des Aluminiumschweißens von Oxidfilmen.

Burnout-Rate: Die Burnout-Rate ist höher als die von DCEN, und die Lebensdauer der Elektrode beträgt etwa 70 % von DCEN.

#### **Wenden:**

Schweißen von Aluminiumlegierungen: Im Automobilbau wird das Schweißen von dünnen Blechen für Körper aus Aluminiumlegierungen verwendet.

Schweißen aus Magnesiumlegierungen: Im Luftfahrtsektor wird es zum leichten Schweißen von Komponenten aus Magnesiumlegierungen verwendet.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

### Empfehlungen zur Optimierung

Um die DCEN/DCEP-Schweißleistung zu verbessern, wird Folgendes empfohlen:

Spitzenschleifen: DCEN verwendet einen Kegelwinkel von 30°~45°, DCEP verwendet eine halbkugelförmige Spitze.

Stromregelung: DCEN ist für 10200 A geeignet, DCEP ist für 20100 A geeignet, Elektrodenüberhitzung vermeiden.

Schutzgas: Verwenden Sie hochreines Argongas (99,99 %), um die Elektrodenoxidation zu reduzieren.

### 2.2.2 Cer-Wolfram-Elektrode für das AC-Schweißen

Das Wechselstromschweißen (AC) wird vor allem bei Leichtmetallen wie Aluminium und Magnesium eingesetzt, da durch seine wechselnde positive und negative Polarität der Oxidfilm auf der Oberfläche effektiv entfernt werden kann. Die Leistung der WC20-Elektrode beim Wechselstromschweißen ist der der Thoriumwolframelektrode (WT20) etwas unterlegen, aber durch die Optimierung der Schweißparameter können dennoch gute Ergebnisse erzielt werden.

#### charakteristisch

Lichtbogenstartleistung: Die Lichtbogenspannung der WC20-Elektrode im AC-Modus beträgt ca. 1525 V und ist damit etwas höher als die der Thorium-Wolfram-Elektrode (1220 V). Hochfrequenz-Lichtbogenzündungsgeräte können die Schwierigkeit des Lichtbogenschießens weiter reduzieren.

Lichtbogenstabilität: Die Lichtbogenstabilität wird durch die aktuelle Wellenform beeinflusst, und der Rechteckwellen-Wechselstrom kann die Jitterrate innerhalb von 8 % steuern.

Ausbrennrate: Beim 50 ~ 150 A AC-Schweißen beträgt die Durchbrennrate der Elektrodenspitze etwa 0,8 mm/Stunde, was höher ist als die des DCEN-Modus.

Spitzenform: Beim AC-Schweißen bildet die Elektrodenspitze auf natürliche Weise eine halbkugelförmige Form, die dazu beiträgt, den Lichtbogen zu zerstreuen und sie für das Aluminiumschweißen geeignet zu machen.

#### anwenden

Schweißen von Aluminiumlegierungen: In der Schifffahrt und in der Luftfahrt wird die WC20-Elektrode zum Schweißen der Aluminiumlegierung 5083 mit einer glatten Schweißoberfläche und einem guten Oxidfilmentfernungseffekt verwendet.

Schweißen von Magnesiumlegierungen: Wird zum Schweißen der Magnesiumlegierung AZ31 im Automobilleichtbau verwendet.

Architektonische Dekoration: Wird zum Schweißen von Aluminium-Vorhangfassaden, -Türen und -Fenstern verwendet, um Ästhetik und Korrosionsbeständigkeit zu gewährleisten.

### Empfehlungen zur Optimierung

Stromwellenform: Rechteckwellen-Wechselstrom wird verwendet, um die Lichtbogenstabilität zu verbessern.

Schutzgas: Verwenden Sie Argon-Helium-Gemischgas (z. B. 80 % Ar+20 % He), um die Lichtbogendurchdringung zu verbessern.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Elektroden Durchmesser: Die Elektrode mit einem Durchmesser von 2,43,2 mm ist für einen Strom von 50150 A ausgelegt.

### 2.2.3 Leistungsanalyse von AC- und DC-Mehrzweckelektroden

AC/DC-Dual-Purpose-Elektroden sind so konzipiert, dass sie die Leistung des DCEN/DCEP- und AC-Lötens berücksichtigen, und die WC20-Elektrode ist ein typischer Vertreter. Seine Leistung wird wie folgt analysiert:

Lichtbogeninitiierungsleistung: In gemischten AC/DC-Modi (z. B. gepulstes WIG-Schweißen) beträgt die Lichtbogenspannung der WC20-Elektrode 12 ~ 20 V, was für automatisiertes Schweißen mit schnellem Schalten geeignet ist.

Lichtbogenstabilität: Durch die Anpassung der Impulsfrequenz (50200 Hz) und des Tastverhältnisses (20 % bis 80 %) kann die Lichtbogen-Jitter-Rate innerhalb von 6 % gesteuert werden.

Burndown-Rate: In Szenarien mit häufigem AC/DC-Switching beträgt die Burndown-Rate etwa 0,6 mm/Stunde, was zwischen DCEN und AC liegt.

Anwendungen: Weit verbreitet in automatisierten Schweißgeräten, wie z. B. beim Roboterschweißen von gemischten Strukturteilen aus Kohlenstoffstahl und Aluminiumlegierung.

#### Herausforderung:

Häufiges AC/DC-Schaltungen können zu Temperaturschwankungen an der Elektrodenspitze führen, die das Risiko von Mikrorissen erhöhen.

Im Hochstrom-Wechselstrombetrieb ist die Lichtbogenstabilität etwas geringer als bei Thorium-Wolfram-Elektroden.

#### Empfehlungen zur Optimierung :

Ein gepulstes WIG-Schweißgerät wird verwendet, um die thermische Belastung der Elektroden zu reduzieren.

Überprüfen Sie regelmäßig die Form der Elektrodenspitze und schleifen Sie sie gegebenenfalls nach.

## 2.3 Einteilung nach Form und Größe

### 2.3.1 Stabelektrode (Standardlängen- und Durchmesserangaben)

Stabförmige Elektroden sind die gebräuchlichste Form von Cer-Wolfram-Elektroden und werden häufig beim manuellen und automatisierten WIG-Schweißen eingesetzt. Die Standardspezifikationen lauten wie folgt:

Durchmesser: 0,5 mm, 1,0 mm, 1,6 mm, 2,0 mm, 2,4 mm, 3,2 mm, 4,0 mm, 4,8 mm, 6,4 mm.

Längen: 75 mm, 150 mm, 175 mm, 300 mm, 450 mm, 600 mm.

Toleranzen: Durchmesserertoleranz  $\pm 0,05$  mm, Längertoleranz  $\pm 1$  mm.

#### Funktionen und Anwendungen

Kleiner Durchmesser (0,5 ~ 1,6 mm): Geeignet für Präzisionsschweißen mit niedrigem Strom (5 ~ 50 A), z. B. in der Mikroelektronik und bei medizinischen Geräten. Die 1,0 mm WC20-Elektrode

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

eignet sich hervorragend zum Löten von Chip-Packages.

Mittlerer Durchmesser (2,0 ~ 3,2 mm): Geeignet für das allgemeine Schweißen von 50 ~ 150 A, wie z. B. Edelstahlrohre und Luft- und Raumfahrtkomponenten.

Großer Durchmesser (4,0 ~ 6,4 mm): Geeignet für Hochstromschweißen (150 ~ 300 A), wie z. B. dicke Stahlblechkonstruktionen.

### Prozess

Die Stabelektrode wird durch Pulvermetallurgie und Ziehverfahren hergestellt, und die Oberfläche wird poliert oder gebeizt, um die Oxidschicht zu entfernen. Die ISO 6848 verlangt, dass die Oberfläche der Stabelektrode frei von Rissen, Einschlüssen und chromatischen Aberrationen ist.

### 2.3.2 Nadelelektrode (für Präzisionsschweißen)

Nadelelektroden sind winzige Elektroden mit einem Durchmesser von weniger als 1,0 mm (typischerweise 0,250,8 mm) und sind für hochpräzises Schweißen ausgelegt. Seine Spitze wird in der Regel in einem Kegelwinkel von 15° bis 30° geschliffen, um den Lichtbogen zu konzentrieren.

#### Funktionen und Anwendungen

Hohe Präzision: Der Lichtbogendurchmesser kann auf 0,1 ~ 0,5 mm gesteuert werden, geeignet für das Mikroschweißen.

Geringer Wärmeeintrag: Bei 5~20 A Strom beträgt die Wärmeeinflusszone (WEZ) weniger als 0,2 mm.

Anwendungen: Löten von Halbleiterchips, Löten von Herzschrittmachergehäusen, Schweißen von Sensorkomponenten für die Luftfahrt.

:

Die mechanische Festigkeit von Nadelelektroden ist gering und leicht zu brechen.

Die hohen Produktionskosten schränken großtechnische Anwendungen ein.

### 2.3.3 Individuell geformte Elektroden (spezielle Zwecke)

Kundenspezifisch geformte Elektroden wurden für spezielle Schweißanforderungen entwickelt, wie z. B. kugelförmige Spitzen, flache Spitzen oder zusammengesetzte Elektroden.

#### Funktionen und Anwendungen

Kugelförmige Spitze: Für AC-Schweißen, geeignet für Aluminiumlegierungen.

Flache Spitze: Wird zum Plasmaschneiden verwendet, um die Schnittgenauigkeit zu verbessern.

Verbundwerkstoffformen: In der Luft- und Raumfahrt zum Schweißen komplexer Geometrien, wie z. B. Turbinenschaufeln.

#### Entwicklungstrends

3D-Drucktechnologie: Wird zur Herstellung von Elektroden mit komplexen Formen verwendet, um die Effizienz der Anpassung zu verbessern.

Oberflächenbeschichtung: Tragen Sie eine hochtemperaturbeständige Beschichtung auf die Elektrodenoberfläche auf, um die Lebensdauer zu verlängern.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

## 2.4 Einteilung nach Anwendungsbereichen

### 2.4.1 Allzweck-Schweißelektrode

Universelle Schweißelektroden (z. B. WC20, 2,0 ~ 3,2 mm) eignen sich für eine Vielzahl von Materialien und Szenarien:

Materialien: Kohlenstoffstahl, Edelstahl, Kupferlegierung.

Anwendung: Bau von Stahlkonstruktionen, Druckbehältern, Rohrleitungsschweißen.

Merkmale: geringe Kosten, Anpassungsfähigkeit und einfache Bedienung.

### 2.4.2 Präzisionsschweißelektroden (Mikroelektronik, medizinische Geräte, etc.)

Präzisionsschweißelektroden (z. B. 0,5 ~ 1,0 mm WC20 oder 1 % Ceroxid-Elektroden) werden in hochpräzisen Szenarien eingesetzt:

Materialien: Titanlegierung, Kupfer-Wolfram-Legierung, Edelstahl.

Anwendungen: Chip-Packaging, medizinische Implantate, Luftfahrtsensoren.

Merkmale: Geringer Wärmeeintrag, hohe Genauigkeit der Lichtbogensteuerung.

### 2.4.3 Schweißelektroden für hohe Temperaturen und hohe Lasten

Hochtemperatur- und Hochlastelektroden (z. B. 3 % 4 % Ceroxid-Elektrode, 3,26,4 mm) für raue Bedingungen:

Materialien: Titanlegierung, Nickellegierung, Zirkoniumlegierung.

Anwendungen: Flugzeugtriebwerke, Kernkraftwerke, chemische Reaktoren.

Eigenschaften: Hohe Stromanpassungsfähigkeit, lange Lebensdauer.

## 2.5 Einführungsnormen und Kennzeichnung

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

ISO 6848: Unterteilen Sie Cer-Wolfram-Elektroden in WC10 (1 % CeO<sub>2</sub>), WC20 (2 % CeO<sub>2</sub>) usw. mit dem Farbcode Grau.

AWS A5.12: Codename EWCe-2 (2 % CeO<sub>2</sub>), Elektrodenkopf mit grauem Logo besprüht.

Anforderungen: Abweichung des Ceroxidgehalts  $\pm 0,1$  %, Defekte der Elektrodenoberfläche.

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

GB/T 4192: Unterteilen Sie Cer-Wolfram-Elektroden in WC20 (2% CeO<sub>2</sub>) usw. mit einem Farbcode von Grau.

Kennzeichnungsspezifikationen: Lasergravur auf der Elektrodenoberfläche, Modellnummer, Chargennummer und Herstellerinformationen.

### 2.5.3 Vorschriften für die Verpackung und Kennzeichnung von Elektroden

Verpackung: 10 oder 100 Stück pro Packung, Kunststoffbox oder Vakuumverpackung, etikettiert mit Modell, Größe und Standard.

Kennzeichnung: Das Feld sollte den Hersteller, die Chargennummer, das Herstellungsdatum und die Qualitätszertifizierung (z. B. ISO 9001) enthalten.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung



## Kapitel 3 Eigenschaften von Cer-Wolfram-Elektroden

### 3.1 Physikalische Eigenschaften von Cer-Wolfram-Elektroden

Die physikalischen Eigenschaften von Cer-Wolfram-Elektroden sind grundlegend für ihre hervorragende Leistung in Hochtemperatur- und Hochstrom-Schweißumgebungen. Diese Eigenschaften, einschließlich Schmelz- und Siedepunkt, Dichte und Härte, Wärmeausdehnungskoeffizient und Wärmeleitfähigkeit, wirken sich direkt auf die Stabilität, Lebensdauer und den Anwendungsbereich von Elektroden aus. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Analyse in drei Unterabschnitten.

#### 3.1.1 Schmelz- und Siedepunkte von Cer-Wolfram-Elektroden

Cer-Wolfram-Elektroden bestehen hauptsächlich aus Wolfram und Ceroxid, das mit einem Schmelzpunkt von 3422 °C (3695 K) und einem Siedepunkt von etwa 5555 °C (5828 K) zu den Metallen mit dem höchsten Schmelzpunkt in der Natur gehört. Der Schmelzpunkt von Ceroxid beträgt 2400 °C und der Siedepunkt etwa 3500 °C, und die Dotierung einer kleinen Menge Ceroxid hat nur einen geringen Einfluss auf den Gesamtschmelzpunkt und den Siedepunkt der Elektrode. Experimentelle Messungen zeigen, dass der Schmelzpunkt der 2%igen Ceroxid-Elektrode (WC20) bei etwa 3400 °C und der Siedepunkt bei etwa 5500 °C liegt, was immer noch viel höher ist als die typische Temperatur des Lichtbogens beim WIG-Schweißen und Plasmaschweißen (6000~7000 K). Diese Eigenschaft des hohen Schmelzpunkts ermöglicht es Cer-Wolfram-Elektroden, ihre

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

strukturelle Integrität unter extremen Hochtemperaturbedingungen zu erhalten, was sie ideal für Präzisionsschweißen und Hochlastschweißen macht.

### **Detaillierte Erläuterung der Schmelzpunkteigenschaften**

#### **Hohe Temperaturstabilität:**

Der hohe Schmelzpunkt der Cer-Wolfram-Elektrode ermöglicht es, dass sie bei hohen Lichtbogentemperaturen (bis zu 7000 K in der Lichtbogenmitte) fest bleibt, wobei an der Spitze der Elektrode nur ein geringerer Abtrag möglich ist. Beim DC-Vorwärtsschweißen (DCEN) liegt die Temperatur der Elektrodenspitze normalerweise zwischen 1500 und 2000 °C, was viel niedriger ist als der Schmelzpunkt, sodass die Elektrode ihre Geometrie lange Zeit beibehalten kann. Beim Schweißen von Edelstahlrohren bei 100 A DC hat die WC20-Elektrode beispielsweise nach 10 Stunden Dauerbetrieb eine Ausbrennlänge von weniger als 0,3 mm und weist damit eine hervorragende Schmelzbeständigkeit auf.

Im Vergleich zur Thorium-Wolfram-Elektrode (WT20, mit 2 % Thoriumoxid, Schmelzpunkt von ca. 3410 °C) hat WC20 einen etwas niedrigeren Schmelzpunkt, aber die Differenz beträgt nur etwa 10 °C, was in der Praxis schnell keine Auswirkungen hat. Im Vergleich zu reinen Wolframelektroden (Schmelzpunkt 3422 °C) sank der Schmelzpunkt von WC20 vernachlässigbar, aber seine Lichtbogeninitiierungsleistung und Lichtbogenstabilität waren signifikant besser als die von reinen Wolframelektroden.

Bei hohen Strömen (>200 A) oder unsachgemäßer Bedienung (z. B. Elektrodenkontakt mit dem Schmelzbad) kann es zu einer lokalen Erosion der Elektrodenspitze kommen, was zu einer Abstumpfung des Spitzenkegelwinkels führt. Experimente zeigen, dass die Schmelzgeschwindigkeit der Elektrodenspitze WC20 beim 300-A-Gleichstromschweißen etwa 0,05 mm/h beträgt, während die reine Aprikosenelektrode 0,1 mm/Stunde erreichen kann.

#### **Faktoren, die den Schmelzpunkt beeinflussen:**

**Ceroxid-Verteilung:** Die gleichmäßige Verteilung der Ceroxid-Partikel in der Wolframmatrix ist entscheidend für die Schmelzpunktstabilität. Sind die Partikel ungleichmäßig verteilt, kann dies zu einer Absenkung des Schmelzpunkts im lokalen Bereich führen, wodurch sich das Risiko eines Ausbrennens erhöht. Moderne Herstellungsverfahren wie Pulvermetallurgie und Nanodotierung sorgen für Gleichmäßigkeit durch Kontrolle der Partikelgröße (1~5 µm).

**Gehalt an Verunreinigungen:** Spurenverunreinigungen (z. B. Eisen, Silizium, Aluminium) können den Schmelzpunkt senken. Internationale Normen (wie z. B. ISO 6848) fordern, dass WC20-Elektroden weniger als 0,01 % Verunreinigungen enthalten, um eine Leistung bei hohen Temperaturen zu gewährleisten.

**Schutzgas:** Hochreines Argongas (99,99 %) oder Argon-Helium-Gemisch (80 % Ar + 20 % He) können die Temperatur der Elektrodenspitze effektiv senken und das Risiko eines Ausbrennens in Bezug auf den Schmelzpunkt verringern.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

### **Fälle:**

Luft- und Raumfahrt: Beim WIG-Schweißen von Rumpfkomponten aus Titanlegierungen (z. B. Ti-6Al-4V) stellt der hohe Schmelzpunkt der WC20-Elektrode sicher, dass die Elektrode 12 Stunden lang ununterbrochen bei einem Strom von 100 ~ 150 A arbeitet und die Änderung der Form weniger als 0,2 mm beträgt, was den Anforderungen der Luft- und Raumfahrt an hochpräzise Spitzennähte entspricht.

Ölpipelines: Beim Wurzelschweißen von API 5L-Standardpipelines arbeitet die WC20-Elektrode unter 120 A Gleichstrombedingungen, und die Temperatur der Elektrodenspitze wird unter 1800 °C geregelt, und der Schmelzpunktvorteil sichert die Qualität der Schweißnaht.

Kernkraftanlagen: Beim Schweißen von Druckbehältern aus Zirkoniumlegierungen ermöglicht der hohe Schmelzpunkt der WC20-Elektrode, dass sie in Umgebungen mit hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit stabil bleibt, wodurch die Schweißfehlerrate (z. B. Porosität <0,3 %) reduziert wird.

### **Detaillierte Erläuterung der Siedepunkteigenschaften**

#### **Flüchtigkeit:**

Der hohe Siedepunkt von Cer-Wolfram-Elektroden (ca. 5500 °C) macht sie bei hohen Lichtbogentemperaturen extrem flüchtig, wodurch der Gasphasenverlust des Elektrodenmaterials reduziert wird. Experimentelle Daten zeigen, dass die Flüchtigkeit der WC20-Elektrode beim 150-A-Gleichstromlöten nur 0,008 mg/min beträgt, während die der reinen Wolframelektrode 0,05 mg/min beträgt. Diese geringe Flüchtigkeit reduziert den Verbrauch von Elektrodenmaterial und verlängert dessen Lebensdauer.

Ceroxid hat einen niedrigeren Siedepunkt (3500 °C) als Wolfram und kann bei extrem hohen Temperaturen Spuren von Cerdampf freisetzen, aber seine Größe (<math>10^{-5}</math> g/min) hat vernachlässigbare Auswirkungen auf die Schweißqualität und die Umweltbelastung. Im Gegensatz dazu ist das Thoriumoxid (Siedepunkt von ca. 4000 °C) von Thoriumwolframelektroden bei hohen Temperaturen etwas flüchtig und kann Spuren radioaktiver Partikel freisetzen.

#### **Faktoren, die den Siedepunkt beeinflussen:**

Lichtbogentemperatur: Die Lichtbogenmittentemperatur (6000 ~ 7000 K) kann den Siedepunkt der Elektrode überschreiten, aber die tatsächliche Temperatur der Elektrodenspitze ist viel niedriger, sodass die Flüchtigkeit gering ist. Durch den Einsatz einer wassergekühlten Schweißzange wird die Spitzentemperatur weiter gesenkt.

Schutzgas: Argon oder Argon-Helium-Gemisch kann Sauerstoff effektiv isolieren und so Oxidation und Verflüchtigung bei hohen Temperaturen verhindern. Studien haben gezeigt, dass durch die Verwendung von 99,99 % hochreinem Argongas die Volatilität um 20 % reduziert werden kann.

Stromart: Beim Wechselstromschweißen (AC) schwankt die Temperatur der Elektrodenspitze stark, was die Spurenverflüchtigung möglicherweise erhöht. Square Wave AC reduziert Temperaturschwankungen und reduziert die Volatilität.

### **Fälle:**

Schiffbau: Beim Schweißen von Edelstahlrumpfen arbeitet die WC20-Elektrode kontinuierlich unter 100 A Gleichstrom mit einer Volatilitätsrate von weniger als 0,01 mg/min und gewährleistet

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

so die Sauberkeit der Schweißnaht.

Chemische Ausrüstung: Beim Hochtemperatur-Reaktorschweißen stellt der hohe Siedepunkt der WC20-Elektrode sicher, dass das Elektrodenmaterial das Schmelzbad nicht verunreinigt und strenge Hygieneanforderungen erfüllt.

Automatisiertes Schweißen: In Roboterschweißlinien reduziert die geringe Flüchtigkeit von WC20-Elektroden die Häufigkeit des Elektrodenwechsels und verbessert die Produktionseffizienz.

### **Empfehlungen zur Optimierung**

Schutzgasauswahl: Verwenden Sie hochreines Argon oder Argon-Helium-Gemische, um die Temperatur der Elektrodenspitze zu senken und schmelz- und siedepunktbedingte Verluste zu reduzieren.

Stromregelung: Beim Hochstromschweißen (>200 A) wird empfohlen, Elektroden mit größerem Durchmesser (z. B. 3,2 ~ 4,0 mm) zu verwenden, um Wärme abzuleiten und lokales Schmelzen zu verhindern.

Schleifen der Spitze: Halten Sie einen Kegelwinkel von 30°~60° ein, um den Lichtbogen zu konzentrieren und eine Überhitzung der Spitze zu reduzieren.

Kühlsystem: Gepaart mit einer wassergekühlten Schweißpistole, um die Wärmeableitung zu verbessern und die Lebensdauer der Elektrode zu verlängern.

### **Forschungsfortschritte und Trends**

In den letzten Jahren hat die Einführung der nanoskaligen Ceroxid-Dotierungstechnologie die Schmelz- und Siedepunktstabilität von Cer-Wolfram-Elektroden weiter verbessert. Eine Studie aus dem Jahr 2021 zeigte, dass nanoskaliges Ceroxid (Partikelgröße < 100 nm) die Korngrenzfestigkeit der Wolframmatrix verbessern kann, wodurch der Schmelzpunkt der WC20-Elektrode bei 3410 °C und der Siedepunkt bei 5520 °C liegt. Darüber hinaus optimiert die Entwicklung von Komposit-dotierten (z. B. 1 % CeO<sub>2</sub>+1 % La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Elektroden die Hochtemperaturleistung weiter und eignet sich für Szenarien mit hoher Nachfrage in der Luft- und Raumfahrt- und Nuklearindustrie. In Zukunft sollen die 3D-Drucktechnologie und die Oberflächenbeschichtungstechnologie die Schmelzbeständigkeit von Elektroden weiter verbessern.

#### **3.1.2 Dichte und Härte von Cer-Wolfram-Elektroden**

Die Dichte und Härte von Cer-Wolfram-Elektroden sind Schlüsselindikatoren für ihre mechanische Stabilität und Haltbarkeit, die sich direkt auf ihre Vibrations- und Verschleißfestigkeit während des Schweißprozesses auswirken.

### **Detaillierte Erläuterung der Dichtekennlinien**

#### **Dichte-Wert:**

Die Dichte der Cer-Wolfram-Elektrode beträgt 19,2 g/cm<sup>3</sup>, was nahe an reinem Wolfram (19,25 g/cm<sup>3</sup>) liegt. Die Dichte von Ceroxid (7,65 g/cm<sup>3</sup>) war gering, aber aufgrund seines Gehalts von nur 2%~4% betrug der Effekt auf die Gesamtdichte weniger als 0,5%. Die hohe Dichte verleiht der Elektrode eine hervorragende mechanische Stabilität und Vibrationsfestigkeit, wodurch sie für automatisiertes Hochgeschwindigkeitsschweißen geeignet ist.

Experimente zeigen, dass der Versatz der WC20-Elektrode in einer Vibrationsumgebung von 50 Hz

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

weniger als 0,01 mm beträgt (simuliertes Roboterschweißen), während der Versatz von Materialien mit geringerer Dichte (wie z. B. Elektroden aus Aluminiumlegierungen) 0,1 mm erreichen kann.

#### **Auswirkungen auf die Anwendung:**

Automatisiertes Schweißen: Die hohe Dichte stellt sicher, dass die Elektrode in der rotierenden Hochgeschwindigkeits-Schweißzange stabil bleibt, wodurch der Lichtbogenversatz reduziert wird. Beim Orbitalschweißen von Rohren ermöglicht der Dichtevorteil der WC20-Elektrode beispielsweise eine Genauigkeit der Lichtbogenpositionierung von  $\pm 0,05$  mm.

Schweres Gerät: Im Marine- und Brückenbau unterstützt die hohe Dichte der WC20-Elektroden deren Stabilität in Umgebungen mit hohen Vibrationen, wie z. B. Windeinflüssen.

Im Vergleich zur Thoriumwolframelektrode beträgt die Dichte der Thoriumwolframelektrode 19,1 ~ 19,2 g/cm<sup>3</sup>, was der von WC20 ähnlich ist, aber die Gleichmäßigkeit von WC20 ist bei hochfrequenten Schwingungen dank der korngrenzenstärkenden Wirkung von Ceroxid etwas besser.

#### **Einflussfaktoren:**

Herstellungsprozess: Die Sintertemperatur und der Sinterdruck in pulvermetallurgischen Prozessen wirken sich direkt auf die Dichte aus. Zu hohe Sintertemperaturen können zur Aggregation von Ceroxidpartikeln führen, wodurch die Dichtegleichmäßigkeit verringert wird.

Kontrolle von Verunreinigungen: Spurenverunreinigungen (z. B. Silikon, Eisen) können die Dichte verringern, und ISO 6848 verlangt einen Verunreinigungsgehalt von unter 0,01 %.

#### **Fälle:**

Luft- und Raumfahrt: Beim Flügelschweißen aus Titan sorgt die Dichte der WC20-Elektrode für eine hohe Präzision beim Roboterschweißen mit einer Schweißabweichung von weniger als 0,1 mm.

Ölpipelines: Beim automatisierten Schweißen von Fernpipelines unterstützt die hohe Dichte der WC20-Elektroden einen Dauerbetrieb von 24 Stunden und die Lichtbogenstabilität bleibt bei über 95 %.

Windkraftanlagen: Beim Schweißen von Windkraftanlagen reduziert die Vibrationsfestigkeit der WC20-Elektroden den durch Windkraft verursachten Lichtbogenjitter.

#### **Detaillierte Erläuterung der Härteeigenschaften**

##### **Härtewert:**

Die Vickers-Härte (HV) von Cer-Wolfram-Elektroden ist etwas niedriger als die von reinen Wolframelektroden, aber viel höher als die von gewöhnlichem Stahl (ca. 200 HV). Die gleichmäßige Verteilung der Ceroxid-Partikel in der Wolframmatrix verbessert die Korngrenzfestigkeit und erhöht den Verformungswiderstand der Elektrode.

Eine Studie aus dem Jahr 2020 zeigte, dass die Härte der WC20-Elektrode bei Raumtemperatur 420 HV betrug und bei einer hohen Temperatur von 1000 °C bei 350 HV gehalten wurde, was eine hervorragende Stabilität der Hochtemperaturhärte zeigte. Im Gegensatz dazu haben Thorium-Wolfram-Elektroden eine Hochtemperaturhärte von etwa 340 HV, etwas niedriger ist als bei WC20.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

## CTIA GROUP LTD

### Cerium Tungsten Electrode Introduction

#### 1. Overview of Cerium Tungsten Electrode

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO<sub>2</sub>). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

#### 2. Features of Cerium Tungsten Electrode

**Excellent Arc Starting:** Easy to ignite at low current, with stable and reliable performance.

**Low Burn-off Rate:** Cerium oxide enhances evaporation resistance at high temperatures, extending electrode life.

**High Arc Stability:** Focused arc with minimal flicker, suitable for precision welding.

**Radiation-Free & Eco-Friendly:** A safe and environmentally sound alternative to radioactive thoriated electrodes.

#### 3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode

Type	CeO <sub>2</sub> Content	Color Code	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

#### 4. Applications of Cerium Tungsten Electrode

TIG welding of stainless steel, carbon steel, titanium alloys, nickel alloys, etc.

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

Low-current plasma arc cutting and high-frequency ignition systems

#### 5. Procurement Information

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: [www.tungsten.com.cn](http://www.tungsten.com.cn)

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

### **Auswirkungen auf die Anwendung:**

**Schleifleistung:** Die hohe Härte ermöglicht es der WC20-De, während des Schleifprozesses einen präzisen Kegelwinkel (z. B. 30°~60°) zu bilden, wodurch sie für das Präzisionsschweißen geeignet ist.

**Verformungsbeständigkeit:** Der Härtevorteil reduziert das Risiko einer Beschädigung der Elektrode während des Transports und der Installation. In automatisierten Schweißlinien gewährleistet beispielsweise die Härte der WC20-Elektrode die Unversehrtheit der Spitze nach mehreren Installationen.

**Im Vergleich zur Lanthan-Wolfram-Elektrode:** Die Härte der Lanthan-Wolfram-Elektrode (WL20 mit 2% Lanthanoxid) liegt bei ca. 430 HV, was vergleichbar mit WC20 ist, aber die Versprödungsbeständigkeit ist bei hohen Temperaturen etwas besser.

### **Einflussfaktoren:**

**Ceroxidgehalt:** 2 % Ceroxid ist der optimale Gleichgewichtspunkt, zu hoch (zB 4 %) kann zur Versprödung der Korngrenzen führen und die Härte verringern.

**Wärmebehandlung:** Der Glühprozess nach dem Sintern (1000~1200°C) optimiert die Härte und reduziert die innere Spannung.

**Tipp Schleifen:** Unsachgemäßes Schleifen kann Mikrorisse verursachen, die die lokale Härte verringern.

### **Fälle:**

**Medizinische Geräte:** Beim Schweißen von Titan-Herzschrittmachergehäusen unterstützt die Härte der WC20-Elektrode ein präzises Schleifen, und der Winkelfehler des Spitzenkegels beträgt weniger als 1°.

**Automobilbau:** Beim Schweißen von Edelstahl-Auspuffrohren reduziert die hohe Härte der WC20-Elektrode den Spitzenverschleiß durch Vibrationen.

**Nuklearindustrie:** Beim Schweißen von Druckbehältern aus Zirkoniumlegierungen gewährleistet die Härte der WC20-Elektroden die Stabilität während des Langzeitbetriebs bei hohen Temperaturen.

### **Empfehlungen zur Optimierung**

**Schleifprozess:** Diamantschleifscheiben und Niedriggeschwindigkeitsschleifen (<1000 U/min) werden verwendet, um Mikrorisse an der Oberfläche zu reduzieren.

**Lagerbedingungen:** Vermeiden Sie feuchte Umgebungen, um Oberflächenoxidation zu verhindern und die Härte zu verringern.

**Schweißparameter:** Steuerstrom (<200 A), um Härteabfall bei hohen Temperaturen zu vermeiden.

### **Forschungsfortschritte und Trends**

Die nanoskalige Ceroxid-Dotierung verbessert die Elektrodenhärte erheblich, und eine Studie aus dem Jahr 2022 zeigte, dass die Härte von nanoskaligen WC20-Elektroden 460 HV erreichen und die Härte der Hochtemperaturhärte auf 380 HV erhöht werden kann. In Zukunft sollen einsatzgehärtete Beschichtungen, wie z. B. TiN-Beschichtungen, die Verschleißfestigkeit weiter erhöht und die Lebensdauer der Elektroden verlängern.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

### 3.1.3 Wärmeausdehnungskoeffizient und Wärmeleitfähigkeit von Cer-Wolfram-Elektroden

#### Detaillierte Erläuterung des Wärmeausdehnungskoeffizienten

##### Wert des Wärmeausdehnungskoeffizienten:

Der Wärmeausdehnungskoeffizient von Cer-Wolfram-Elektroden beträgt  $4,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  (20~1000°C), was dem reinen Wolfram ( $4,3 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ) nahe kommt. Der Wärmeausdehnungskoeffizient von Ceroxid ( $8,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ) ist hoch, aber aufgrund seines geringen Gehalts ist seine Gesamtwirkung begrenzt.

Experimente zeigen, dass die Länge der Spitze der WC20-Elektrode beim 150-A-Gleichstromschweißen weniger als 0,01 mm/h variierte, was hervorragende Dimensionsstabilität zeigt.

##### Auswirkungen auf die Anwendung:

**Dimensionsstabilität:** Der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient ermöglicht es der Elektrode, ihre Geometrie unter Hochtemperatur-Lichtbögen beizubehalten, wodurch sie für das Präzisionsschweißen geeignet ist. Beim Löten von mikroelektronischen Chips ändert sich beispielsweise der Spitzenkegelwinkel der WC20-Elektrode um weniger als  $0,5^\circ$ .

**Im Vergleich zur Thorium-Wolfram-Elektrode:** Der Wärmeausdehnungskoeffizient der Thorium-Wolfram-Elektrode beträgt  $4,4 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , was dem WC20 ähnlich, aber WC20 hat eine bessere Stabilität der Korngrenze und reduziert die thermische Spannungsrissbildung bei hohen Temperaturen.

**Automatisiertes Schweißen:** Beim Roboterschweißen gewährleistet der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient die niedrige Stabilität der Elektrode bei schnellen thermischen Zyklen, wobei die Schweißgenauigkeit  $\pm 0,05 \text{ mm}$  erreicht.

##### Einflussfaktoren:

**Ceroxid-Verteilung:** Gleichmäßig verteilte Ceroxid-Partikel reduzieren lokale thermische Ausdehnungsunterschiede und verbessern die Gesamtstabilität.

**Temperaturbereich:** Bei  $> 1500^\circ\text{C}$  steigt der Wärmeausdehnungskoeffizient leicht an (ca.  $4,8 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ), was vom Kühlsystem gesteuert werden muss.

##### Fälle:

**Luft- und Raumfahrt:** Beim Schweißen von Titanturbinenschaufeln sorgt der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient der WC20-Elektrode für die Konsistenz der Schweißnaht.

**Kernkraftanlagen:** Beim Schweißen von Rohren aus Zirkoniumlegierungen reduziert die Dimensionsstabilität der WC20-Elektrode Schweißrisse, die durch thermische Belastung verursacht werden.

**Automobilbau:** Beim Karoserieschweißen aus Aluminiumlegierungen unterstützt der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient der WC20-Elektrode das hochpräzise Schweißen.

#### Detaillierte Erklärung der Wärmeleitfähigkeit

##### Wärmeleitfähigkeitswert:

Die Wärmeleitfähigkeit der Cer-Wolfram-Elektrode beträgt  $170 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  (Raumtemperatur) und

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

ist damit etwas niedriger als die von reinem Wolfram (174 W/(m·K)). Bei 1000°C sinkt die Wärmeleitfähigkeit auf etwa 100 W/(m·K), was immer noch erreicht wird, um die Spitzenwärme schnell auf den Elektrodenkörper zu übertragen.

Experimente zeigen, dass beim 100-A-Gleichstromlöten die Spitzentemperatur der WC20-Elektrode auf 1800 ~ 2000 °C geregelt werden kann, um Überhitzung und Durchbrennen zu vermeiden.

#### **Auswirkungen auf die Anwendung:**

**Wärmeableitungsleistung:** Die gute Wärmeleitfähigkeit ermöglicht es WC20-Elektroden, Wärme beim kontinuierlichen Schweißen schnell abzuleiten und ihre Lebensdauer zu verlängern. Beim 150-A-Gleichstromschweißen ist beispielsweise die Temperatur der Elektroden Spitze etwa 100 °C niedriger als bei einer reinen Wolframelektrode.

Im Vergleich zu Lanthan-Wolfram-Elektroden beträgt die Wärmeleitfähigkeit der Lanthan-Wolfram-Elektrode 165 W/(m·K), was etwas niedriger ist als bei WC20, aber die Wärmeableitungsleistung ist bei hohen Strömen ähnlich.

#### **Einflussfaktoren:**

**Elektroden Durchmesser:** Elektroden mit größerem Durchmesser (z. B. 3,2 mm) bieten eine bessere Wärmeableitung und eignen sich für das Hochstromschweißen.

**Schutzgas:** Ein Argon-Helium-Gemisch kann die Wärmeverteilung des Lichtbogens verbessern und indirekt die Wärmeableitungseffizienz der Elektrode verbessern.

#### **Fälle:**

**Schiffbau:** Beim Schweißen von Edelstahlrumpfen unterstützt die Wärmeleitfähigkeit der WC20-Elektrode einen Dauerbetrieb von 12 Stunden, und die Spitzentemperatur wird unter 1900 °C geregelt.

**Chemische Ausrüstung:** Beim Hochtemperatur-Reaktorschweißen reduziert die Wärmeableitungsleistung der WC20-Elektroden Schweißfehler, die durch thermische Belastung verursacht werden.

**Automatisierte Produktionslinien:** Beim Roboterschweißen unterstützt die Wärmeleitfähigkeit von WC20-Elektroden eine effiziente Produktion.

#### **Empfehlungen zur Optimierung**

**Kühlsystem:** Verwenden Sie eine wassergekühlte Schweißpistole, um die Wärmeableitung zu verbessern und die Lebensdauer der Elektrode zu verlängern.

**Stromwellenform:** Verwendet Rechteckwellen-Wechselstrom beim Wechselstromschweißen, um Temperaturschwankungen an der Spitze zu reduzieren.

**Elektroden Durchmesser:** Wählen Sie einen geeigneten Durchmesser (z. B. 2,4 ~ 3,2 mm), um die Wärmeleitfähigkeit und die Strombelastbarkeit auszugleichen.

#### **Forschungsfortschritte und Trends**

Neue wärmeleitfähige Beschichtungen, wie z. B. Wolframkarbid-Beschichtungen, erhöht die Wärmeleitfähigkeit der WC20-Elektrode auf 180 W/(m·K). Darüber hinaus weisen dotierte

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

Kompositelektroden (z. B. 1%CeO<sub>2</sub>+1%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) eine bessere Wärmeleitfähigkeit bei hohen Temperaturen auf und eignen sich für das Schweißen mit hoher Belastung.

### 3.2 Chemische Eigenschaften von Cer-Wolfram-Elektroden

Die chemischen Eigenschaften von Cer-Wolfram-Elektroden bestimmen ihre Stabilität und Haltbarkeit in komplexen Schweißumgebungen. Im Folgenden wird Ceroxid unter drei Aspekten analysiert: chemische Stabilität, Korrosionsbeständigkeit und chemisches Verhalten bei hohen Temperaturen.

#### 3.2.1 Chemische Stabilität von Ceroxid

Ceroxid (CeO<sub>2</sub>) ist ein chemisch stabiles Seltenerdoxid mit einem Schmelzpunkt von 2400 °C und einem Siedepunkt von etwa 3500 °C und weist eine extrem hohe Inertheit in sauren, alkalischen und oxidierenden Umgebungen auf. Diese Stabilität ist der Schlüssel für die Fähigkeit von Cer-Wolfram-Elektroden, ihre Leistung in Hochtemperatur-Lichtbögen und komplexen Umgebungen aufrechtzuerhalten.

#### Detaillierte Erläuterung der chemischen Stabilität

##### Hohe Temperaturstabilität:

Im Schweißlichtbogen (6000~7000 K) bleibt Ceroxid fest und lässt sich nicht leicht zersetzen oder verflüchtigen. Experimente zeigen, dass nach 8 Stunden 200-A-Gleichstromschweißen der Ceroxidgehalt der WC20-Elektrode nur um 0,01 % abnimmt, was auf eine hervorragende chemische Stabilität hinweist.

Im Vergleich zu Thoriumwolframelektroden kann sich Thoriumoxid (ThO<sub>2</sub>) bei hohen Temperaturen zersetzen und Spuren radioaktiver Partikel freisetzen, während Ceroxid dieses Risiko nicht birgt, wodurch es für umweltanspruchsvolle Szenarien geeignet ist.

##### Antioxidative Eigenschaften:

Ceroxid ist unter Argonschutz unempfindlich gegen Sauerstoff und Wasserdampf, wodurch die Bildung einer Oxidschicht auf der Elektrodenoberfläche reduziert wird. Der Test ergab, dass unter dem Schutz von 99,99 % hochreinem Argongas die Dicke der Oxidschicht auf der Oberfläche der WC20-Elektrode weniger als 0,05 µm betrug, während die reine Wolframelektrode 1 µm erreichen konnte.

In Umgebungen mit Spuren von Sauerstoff (<0,1 %) bildet Ceroxid eine schützende Oxidschicht, die eine weitere Oxidation der Wolframmatrix verhindert.

##### Fälle:

Schiffstechnik: Beim Schweißen von Schiffsplattformen aus Edelstahl ermöglicht die chemische Stabilität der WC20-Elektroden die A sichere Leistung in nassen, salzigen Umgebungen mit einer Schweißnahtporosität von weniger als 0,3 %.

Chemische Ausrüstung: In sulfidhaltigen Umgebungen (z. B. beim Schweißen von Schwefelsäurereaktoren) reduziert der Oxidationswiderstand der WC20-Elektrode die Elektrodenverluste.

Lebensmittelverarbeitung: Beim Schweißen von Edelstahlbehältern sorgt die chemische Stabilität

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

der WC20-Elektrode für die hygienische Schweißnaht.

#### **Einflussfaktoren:**

Reinheit des Schutzgases: Argon mit niedrigem Reinheitsgrad (<99,9 %) kann Sauerstoff einbringen, wodurch die Stabilität von Ceroxid verringert wird.

Art des Stroms: Temperaturschwankungen beim Wechselstromschweißen können die Spurenverflüchtigung von Ceroxid erhöhen.

#### **Empfehlungen zur Optimierung**

Verwenden Sie hochreines Argon (99,99 %) oder Argon-Helium-Gemische, um die chemische Stabilität zu verbessern.

Kontrollieren Sie die Schweißzeit, um die Migration von Ceroxid aufgrund längerer Einwirkung hoher Temperaturen zu vermeiden.

#### **Fortschritt der Forschung**

Die nanoskalige Ceroxid-Dotierung verbessert die chemische Stabilität, und eine Studie aus dem Jahr 2021 zeigte, dass die Verlustrate von Ceroxid in nanoskaligen WC20-Elektroden beim 300-A-Gleichstromschweißen weniger als 0,005 % beträgt.

### **3.2.2 Korrosionsbeständigkeit von Cer-Wolfram-Elektroden**

Cer-Wolfram-Elektroden weisen eine hervorragende Korrosionsbeständigkeit in herkömmlichen Schweißumgebungen auf, wie z. B. beim Schutz vor Argon oder Argon-Helium-Gemischen, und die Zugabe von Ceroxid erhöht die Beständigkeit der Wolframmatrix gegen Oxidation und chemische Korrosion.

#### **Die Korrosionsbeständigkeit wird ausführlich erläutert**

##### **Antioxidative Eigenschaften:**

Beim 150-A-Gleichstromschweißen beträgt die Dicke der Oxidschicht auf der Oberfläche der WC20-Elektrode weniger als 0,1 µm, verglichen mit 1 µm bei reinen Wolframelektroden. Die schützende Wirkung von Ceroxid reduziert die Bildung von Wolframoxid (WO<sub>3</sub>).

In einer Umgebung mit Spuren von Sauerstoff (<0,1 %) beträgt die Oxidationsrate der WC20-Elektrode weniger als 0,001 mm/Jahr.

##### **Chemische Beständigkeit:**

In chlorid- oder sulfidhaltigen Umgebungen (z. B. beim Schweißen von petrochemischen Rohrleitungen) beträgt die Korrosionsrate der WC20-Elektrode weniger als 0,001 mm/Jahr, was viel niedriger ist als die der reinen Wolframelektrode von 0,01 mm/Jahr.

Das Experiment zeigte, dass es keine offensichtliche Korrosionsspur auf der Oberfläche der WC20-Elektrode gab, nachdem sie 100 Stunden lang in 10%iger Natriumchloridlösung eingeweicht wurde.

##### **Fälle:**

Petrochemische Industrie: Beim Schweißen von Schwefelwasserstoff-Rohrleitungen reduziert die Korrosionsbeständigkeit der WC20-Elektrode die Häufigkeit des Elektrodenwechsels.

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

Schiffstechnik: Beim Schweißen von Edelstahl in Meerwasserumgebungen gewährleistet die Korrosionsbeständigkeit der WC20-Elektroden die Schweißqualität.

Nuklearindustrie: Beim Schweißen von Zirkoniumlegierungen unterstützt die Korrosionsbeständigkeit der WC20-Elektrode einen langzeitstabilen Betrieb.

#### **Einflussfaktoren:**

Schutzgas: Hochreines Argongas reduziert die oxidative Korrosion erheblich.

Elektroden Durchmesser: Elektroden mit größerem Durchmesser (z. B. 3,2 mm) bieten eine bessere Korrosionsbeständigkeit.

#### **Empfehlungen zur Optimierung**

Verwenden Sie hochreines Schutzgas, um oxidative Korrosion zu reduzieren.

Reinigen Sie die Elektrodenoberfläche regelmäßig, um Spuren von Ablagerungen zu entfernen.

#### **Fortschritt der Forschung**

Oberflächenbeschichtungstechnologien, wie z. B. Zirkonoxidbeschichtungen, können die Korrosionsbeständigkeit weiter verbessern, wobei eine Studie aus dem Jahr 2022 eine Verringerung der Korrosionsraten bei beschichteten WC20-Elektroden um 50 % zeigt.

#### **3.2.3 Chemisches Verhalten von Cer-Wolfram-Elektroden in Hochtemperaturumgebungen**

Unter dem Hochtemperaturlichtbogen (>6000 K) manifestiert sich das chemische Verhalten von Cer-Wolfram-Elektroden hauptsächlich als Spurenverflüchtigung und Oberflächenrekonstruktion.

#### **Detaillierte Erläuterung des chemischen Verhaltens bei hohen Temperaturen**

##### **Verflüchtigung von Spuren:**

Ceroxid kann bei extrem hohen Temperaturen in der Größenordnung von  $10^{-5}$  g/min Spuren von Cerdampf freisetzen, was keinen Einfluss auf die Schweißqualität hat. Im Gegensatz dazu kann die Verflüchtigung von Thoriumoxid aus Thoriumwolframelektroden radioaktive Partikel freisetzen.

Experimente zeigen, dass die Flüchtigkeit der WC20-Elektrode beim 200-A-Gleichstromschweißen weniger als 0,01 mg/min beträgt.

##### **Oberflächen-Rekonstruktion:**

Bei hohen Temperaturen können Ceroxidpartikel zur Elektrodenoberfläche wandern und eine cerreiche Schicht bilden, die die thermionische Emission erhöht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Dicke der bestimmten Schicht etwa 0,01~0,05  $\mu\text{m}$  beträgt.

Beim AC-Schweißen kann die Oberflächenstrukturierung zu leichten Aufrauungen führen, die die Lichtbogenstabilität beeinträchtigen.

##### **Fälle:**

Luft- und Raumfahrt: Beim Titanschweißen verbessert die cerreiche Schicht der WC20-Elektroden die Lichtbogeninitiierung.

Nuklearindustrie: Beim Schweißen von Zirkoniumlegierungen reduziert die chemische Stabilität der WC20-Elektrode die Kontamination des Pools.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

Automatisiertes Schweißen: Beim Roboterschweißen unterstützt die Oberflächenrekonstruktion der WC20-Elektrode das schnelle Lichtbogenschießen.

**Einflussfaktoren:**

Stromtyp: Temperaturschwankungen beim AC-Schweißen erhöhen die Oberflächenrekonstruktion.  
Schutzgas: Das Argon-Helium-Gemisch reduziert die Verflüchtigung und Rauheit.

**Empfehlungen zur Optimierung**

Verwenden Sie Rechteck-Wechselstrom, um Temperaturschwankungen zu reduzieren.  
Kontrollieren Sie regelmäßig die Elektrodenoberfläche und schleifen Sie sie gegebenenfalls nach.

**Fortschritt der Forschung**

Die nanoskalige Ceroxid-Dotierung reduziert die Verflüchtigung bei hohen Temperaturen, und eine Studie aus dem Jahr 2021 zeigte, dass die Flüchtigkeit von nanoskaligen WC20-Elektroden um 30 % reduziert wurde.

**3.3 Elektrische Eigenschaften von Cer-Wolfram-Elektroden**

Die elektrischen Eigenschaften von Cer-Wolfram-Elektroden sind von zentraler Bedeutung für ihre hervorragenden Lichtbogeninitiierungs- und dimensional Lichtbogeneigenschaften beim Schweißen. Folgendes wird unter drei Aspekten analysiert: Elektronenaustrittsarbeit, Lichtbogeninitiierungsleistung und Lichtbogenstabilität sowie Strombelastbarkeit.

**3.3.1 Elektronenaustrittsarbeit der Cer-Wolfram-Elektrode**

Die Elektronenaustrittsarbeit ist ein Schlüsselindikator für die Lichtbogenleistung von Elektroden. Die WC20-Elektrode hat eine Elektronenaustrittsleistung von etwa 2,5 eV, was deutlich geringer ist als bei reinem Wolfram (4,5 eV) und Thorium-Wolfram-Elektroden (2,7 eV).

**Detaillierte Erklärung der Elektronenentweichungsfunktion**

**Charakterisierung:**

Die Arbeit mit niedrigem Elektronenaustritt, das Entweichen von Elektronen aus der Elektrodenoberfläche und reduziert die Anlaufspannung des Lichtbogens. Experimente zeigen, dass die Lichtbogenstartspannung der WC20-Elektrode 1012 V beträgt, verglichen mit 1518 V für die reine Wolframelektrode beim 10-A-Gleichstromschweißen.

Die gleichmäßige Verteilung der Ceroxid-Partikel in der Wolframmatrix erhöht die thermionische Emission, insbesondere bei niedrigen Strömen (<50 A).

**Fälle:**

Mikroelektronik: Beim Lötten von Chip-Blei unterstützt die geringe Elektronenaustrittsleistung der WC20-Elektrode das Lötten mit extrem niedrigem Strom von 5 ~ 20 A, und die Wärmeeinflusszone beträgt weniger als 0,1 mm.

Medizinische Geräte: Beim Schweißen von Titanimplantaten steigert das schnelle Lichtbogenschießen der WC20-Elektrode die Produktionseffizienz.

Luft- und Raumfahrt: Beim Schweißen von Titanbauteilen reduziert die niedrige

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

Lichtbogenstartspannung der WC20-Elektrode den Lichtbogenjitter.

#### **Vergleich mit Lanthan-Wolfram-Elektrode:**

Die Elektronenaustrittsarbeit der Lanthan-Wolfram-Elektrode (WL20) beträgt etwa 2,4 eV, was etwas besser ist als die der WC20, aber der Unterschied ist in praktischen Anwendungen nicht signifikant.

#### **Einflussfaktoren:**

Spitzenform: Ein Kegelwinkel von  $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$  kann die Elektronenemission konzentrieren und die Effizienz des Lichtbogenstarts verbessern.

Oberflächensauberkeit: Oberflächenoxidschichten können die Elektronenaustrittsarbeit erhöhen und regelmäßig gereinigt werden.

#### **Empfehlungen zur Optimierung**

Schleifen Sie die Spitze auf einen Kegelwinkel von  $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ , um den Elektronenaustritt zu optimieren.

Hochreines Argongas wird verwendet, um die Oberflächenoxidation zu reduzieren.

#### **Fortschritt der Forschung**

Die nanoskalige Ceroxid-Dotierung reduzierte die Elektronenaustrittsarbeit auf 2,3 eV, und eine Studie aus dem Jahr 2022 zeigte eine 10-prozentige Reduzierung der Lichtbogenstartspannung für nanoskalige WC20-Elektroden.

### **3.3.2 Lichtbogenzündungsleistung und Dimensionslichtbogenstabilität von Cer-Wolfram-Elektroden**

#### **Detaillierte Erläuterung der Leistung des Lichtbogenstarts**

##### **Charakterisierung :**

Im DC Forward (DCEN)-Modus hat die WC20-Elektrode eine Lichtbogenstartspannung von 1015 V und eine Lichtbogenstartzeit von weniger als 0,1 Sekunden. Beim Wechselstromschweißen beträgt die Lichtbogenspannung 1525 V, die von einer Hochfrequenz-Lichtbogenstarteinrichtung unterstützt werden muss.

Experimente zeigen, dass die Lichtbogenerfolgsrate der WC20-Elektrode beim 50-A-Gleichstromschweißen 99,9 % beträgt.

##### **Fälle:**

Rohrleitungsschweißen: Beim Wurzelschweißen von Ölpipelines verbessert die schnelle Lichtbogenbildung der WC20-Elektrode die Schweißeffizienz.

Automatisiertes Schweißen: Beim Roboterschweißen unterstützt die Lichtbogenleistung der WC20-Elektrode bei hochfrequenten Operationen.

Präzisionsschweißen: Beim mikroelektronischen Schweißen reduziert die niedrige Lichtbogenstartspannung der WC20-Elektrode den Wärmeeintrag.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

#### **Einflussfaktoren:**

Spitzenkegelwinkel:  $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$  Kegelwinkel ist optimal, zu groß oder zu klein kann die Lichtbogenstabilität erhöhen.

Schutzgas: Hochreines Argongas kann die Anlaufspannung des Lichtbogens reduzieren.

#### **Detaillierte Erklärung der Stabilität des Lichtbogens**

##### **Charakterisierung:**

Die Lichtbogen-Jitter-Rate der WC20-Elektrode beträgt weniger als 5 % beim Gleichstromschweißen und etwa 8 % beim Wechselstromschweißen. Die thermionische Emission von Ceroxid erhöht die Lichtbogenstabilität.

Beim 100-A-Gleichstromschweißen beträgt der Lichtbogenversatz der WC20-Elektrode weniger als 0,05 mm.

##### **Fälle:**

Luft- und Raumfahrt: Beim Titanschweißen reduziert der stabile Lichtbogen der WC20-Elektrode die Porosität der Schweißnaht.

Nuklearindustrie: Beim Schweißen von Zirkoniumlegierungen unterstützt die Lichtbogenstabilität der WC20-Elektrode qualitativ hochwertige Schweißnähte.

Automatisierte Produktionslinien: Beim Roboterschweißen erhöht die Lichtbogenstabilität der WC20-Elektroden die Produktionseffizienz.

##### **Vorschläge zur Optimierung:**

Verwenden Sie Rechteckwellen-Wechselstrom, um den Lichtbogenjitter zu reduzieren.

Überprüfen Sie regelmäßig die Spitzenform, um einen gleichmäßigen Kegelwinkel zu erhalten.

#### **Fortschritt der Forschung**

Komposit-dotierte Elektroden (z. B. 1 %  $\text{CeO}_2$ +1 %  $\text{La}_2\text{O}_3$ ) reduzieren den Lichtbogen-Jitter auf 4 % und eignen sich damit für hochpräzises Schweißen.

### **3.3.3 Strombelastbarkeit der Cer-Wolfram-Elektrode**

#### **Detaillierte Erläuterung der Strombelastbarkeit**

##### **Charakterisierung:**

Die Strombelastbarkeit der WC20-Elektrode hängt vom Durchmesser ab:

1,6 mm: 10~100 A, geeignet für Präzisionsschweißen.

2,4 mm: 50 ~ 150 A, geeignet für allgemeines Schweißen.

3,2 mm: 100~200 A, geeignet für Hochlastschweißen.

Oberhalb von 200 A steigt die Ausbrennrate leicht an, und es wird eine 4%ige Ceroxid-Elektrode empfohlen.

##### **Fälle:**

Schiffbau: Beim 150 A Gleichstromschweißen unterstützt die 2,4 mm WC20-Elektrode einen Dauerbetrieb von 10 Stunden.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

Nuklearindustrie: Beim 200-A-Gleichstromschweißen erfüllt die 3,2-mm-Elektrode WC20 die Anforderungen des Schweißens von Zirkoniumlegierungen.

Automobilbau: Beim 100-A-Gleichstromschweißen unterstützt die 2,0-mm-Elektrode WC20 das Schweißen von Aluminiumgehäusen.

#### **Einflussfaktoren:**

Elektroden Durchmesser: Größerer Durchmesser unterstützt höhere Ströme.

Kühlsystem: Wassergekühlte Schweißzangen verbessern die Strombelastbarkeit.

Empfehlungen zur Optimierung

Wählen Sie die Elektrode mit dem entsprechenden Durchmesser aus, um dem Strombedarf gerecht zu werden.

Verwenden Sie ein Wasserkühlungssystem, um Burnout zu reduzieren.

#### **Fortschritt der Forschung**

Die 4%ige Ceroxid-Elektrode hat eine Strombelastbarkeit von 250 A, und eine Studie aus dem Jahr 2022 zeigte, dass ihre Ausbrennrate um 20 % niedriger war als die von WC20.

### **3.4 Mechanische Eigenschaften von Cer-Wolfram-Elektroden**

#### **3.4.1 Duktilität und Sprödigkeit von Cer-Wolfram-Elektroden**

##### **Detaillierte Erläuterung von Duktilität und Sprödigkeit**

##### **Charakterisierung:**

Die Cer-Wolframelektrode hat eine geringe Duktilität mit einer Dehnung von etwa 0,5 % ~ 1 % und ist ein sprödes Material. Die Zugabe von Ceroxid verbessert die Grenzfestigkeit des Korns und reduziert die Hochtemperaturversprödung.

Experimente zeigen, dass die Zugfestigkeit der WC20-Elektrode bei Raumtemperatur 2500 MPa und die Bruchzähigkeit  $1,2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$  beträgt.

##### **Fälle:**

Luft- und Raumfahrt: Beim Titanschweißen erfordert die Sprödigkeit von WC20-Elektroden eine sorgfältige Behandlung, um einen Bruch zu vermeiden.

Automatisiertes Schweißen: Beim Roboterschweißen unterstützt die mechanische Stabilität der WC20-Elektrode bei hochfrequenten Operationen.

##### **Einflussfaktoren:**

Ceroxidgehalt: Ein zu hoher Gehalt (z. B. 4 %) kann die Sprödigkeit erhöhen.

Wärmebehandlung: Glühprozesse optimieren die Duktilität.

##### **Empfehlungen zur Optimierung**

Präzisionsschleifgeräte werden eingesetzt, um die mechanische Belastung zu reduzieren.

Vermeiden Sie, dass die Elektrode durch äußere Kräfte beeinflusst wird.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

### **Fortschritt der Forschung**

Die nanoskalige Ceroxid-Dotierung verbesserte die Bruchzähigkeit auf  $1,5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ , und eine Studie aus dem Jahr 2021 zeigte, dass die Versprödungsbeständigkeit von nanoskaligen WC20-Elektroden um 30 % erhöht wurde.

### **3.4.2 Verschleißschutz von Cer-Wolfram-Elektroden**

#### **Detaillierte Erläuterung der Verschleißfestigkeit**

##### **Charakterisierung:**

Die Verschleißfestigkeit der WC20-Elektrode beruht auf der hohen Härte und der Korngrenzenverfestigung von Ceroxid. Der Oberflächenverschleiß beim Schleifen und Schweißen beträgt weniger als 0,01 mm/Stunde.

Experimente zeigen, dass die Verschleißrate der Elektrodenspitze WC20 beim 100-A-Gleichstromschweißen weniger als 0,005 mm/h beträgt.

##### **Fälle:**

Automobilbau: Beim Schweißen von Auspuffrohren aus Edelstahl unterstützen die verschleißfesten Eigenschaften der WC20-Elektrode einen längeren Betrieb.

Nuklearindustrie: Beim Schweißen von Zirkoniumlegierungen reduziert die Verschleißfestigkeit der WC20-Elektrode den Spitzenverlust.

##### **Einflussfaktoren:**

Schleifprozess: Diamantschleifscheiben reduzieren den Verschleiß.

Stromtyp: AC-Schweißen kann den Verschleiß erhöhen.

##### **Empfehlungen zur Optimierung**

Verwenden Sie das Schleifen mit niedrigerer Geschwindigkeit, um Oberflächenschäden zu reduzieren.

Kontrollieren Sie regelmäßig die Elektrodenoberfläche und schleifen Sie sie gegebenenfalls nach.

### **Fortschritt der Forschung**

Oberflächenbeschichtungen wie TiN reduzieren den Verschleiß um 50 %, und eine Studie aus dem Jahr 2022 zeigte, dass beschichtete WC20-Elektroden ihre Lebensdauer um 30 % verlängern.

### **3.4.3 Elektrodenabbrandrate der Cer-Wolfram-Elektrode**

#### **Detaillierte Erklärung der Elektrodenbrennrate**

##### **Charakterisierung:**

Die WC20-Elektrode hat eine Ausbrennrate von ca. 0,5 mm/Stunde beim 100-A-Gleichstromschweißen und etwa 0,8 mm/Stunde beim Wechselstromschweißen.

Experimente zeigen, dass die Ausbrennrate der WC20-Elektrode beim 150-A-Gleichstromschweißen um 20 % niedriger ist als die der Thoriumwolframelektrode.

##### **Fälle:**

Schiffbau: Beim Edelstahl-Rumpfschweißen unterstützt die geringe Ausbrennrate der WC20-

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

Elektrode den Dauerbetrieb.

Luft- und Raumfahrt: Beim Titanschweißen sichert die Regelung der Ausbrennrate der WC20-Elektrode die Schweißqualität.

#### **Einflussfaktoren:**

Stromstärke: Ein hoher Strom (>200 A) erhöht die Ausbrennrate.

Schutzgas: Hochreines Argongas kann die Ausbrennrate senken.

#### **Empfehlungen zur Optimierung**

Verwenden Sie eine wassergekühlte Schweißpistole, um die Ausbrennrate zu reduzieren.

Wählen Sie eine Rechteck-Klimaanlage, um Temperaturschwankungen zu reduzieren.

#### **Fortschritt der Forschung**

Die Ausbrandrate der 4 %-Ceroxid-Elektrode wurde auf 0,4 mm/Stunde reduziert, und eine Studie aus dem Jahr 2022 zeigte, dass sie eine um 25 % längere Lebensdauer als WC20 hatte.

### **3.5 Umwelt- und Sicherheitseigenschaften von Cer-Wolfram-Elektroden**

#### **3.5.1 Nicht-radioaktiver Vorteil von Cer-Wolfram-Elektroden**

##### **Detaillierte Erläuterung der Vorteile der Nicht-Radioaktivität**

##### **Charakterisierung:**

Im Vergleich zu Thoriumwolframelektroden (mit radioaktivem Thoriumoxid, Strahlendosis von ca.  $3,60 \times 10^5$  Curie/kg) sind WC20-Elektroden nicht radioaktiv und entsprechen den Normen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP).

Experimente zeigen, dass die WC20-Elektrode beim Schleifen und Schweißen keine radioaktiven Partikel freisetzt.

##### **Fälle:**

Medizinische Geräte: Beim Schweißen von Titanimplantaten erfüllt die Nicht-Radioaktivität der WC20-Elektrode die Hygieneanforderungen.

Lebensmittelverarbeitung: Beim Schweißen von Edelstahlbehältern sorgt die nicht radioaktive Beschaffenheit der WC20-Elektrode für die Sauberkeit der Schweißnaht.

##### **Einflussfaktoren:**

Produktionsprozess: Kontrollieren Sie die Reinheit der Rohstoffe, um radioaktive Verunreinigungen zu vermeiden.

Abfallentsorgung: WC20-Elektroden können ohne spezielle Behandlung direkt recycelt werden.

#### **Empfehlungen zur Optimierung**

Wählen Sie eine nach ISO 6848 zertifizierte WC20-Elektrode, um eine radioaktivitätsfreie Elektrode zu gewährleisten.

Verwenden Sie Belüftungsgeräte, um Staub beim Schleifen zu reduzieren.

#### **Fortschritt der Forschung**

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

Neue Detektionstechniken wie die Gammastrahlenspektroskopie bestätigen den radioaktiven Vorteil der WC20-Elektrode zusätzlich.

### 3.5.2 Umweltfreundlichkeit von Cer-Wolfram-Elektroden

#### Ausführliche Erläuterung der Umweltfreundlichkeit

##### Charakterisierung:

WC20-Elektroden haben keine Schadstoffemissionen bei Herstellung und Entsorgung und entsprechen den EU-RoHS- und REACH-Verordnungen.

Altelektroden können recycelt und wiederverwendet werden, mit einer Recyclingquote von mehr als 90 %.

##### Fälle:

Umweltfreundliche Fertigung: Beim Schweißen von Windkraftanlagen unterstützen die umweltfreundlichen Eigenschaften der WC20-Elektroden eine nachhaltige Entwicklung.

Meerestechnik: In Meerwasserumgebungen reduziert die Schadstofffreiheit der WC20-Elektroden die Umweltbelastung.

##### Einflussfaktoren:

Produktionsprozess: Die Einführung einer sauberen Energieerzeugung kann den Umweltschutz weiter verbessern.

Recyclingsystem: Ein gut ausgebautes Recyclingsystem kann die Ressourcennutzung verbessern.

#### Empfehlungen zur Optimierung

Wählen Sie einen Hersteller mit Umweltzertifizierungen.

Richten Sie ein Elektrodenrecyclingsystem ein, um Abfall zu reduzieren.

#### Fortschritt der Forschung

Eine Studie aus dem Jahr 2022 zeigte, dass die Recyclingquote von WC20-Elektroden 95 % erreichen kann und damit die Kreislaufwirtschaft unterstützt.

### 3.5.3 Gesundheits- und Sicherheitsbewertung von Cer-Wolfram-Elektroden

#### Gesundheits- und Sicherheitsbewertung erläutert

##### Charakterisierung:

Der von der WC20-Elektrode beim Schleifen und Schweißen erzeugte Staub ist ungiftig und hat ein sehr geringes Risiko des Einatmens. Die Experimente zeigten, dass die PM<sub>2,5</sub>-Konzentration von WC20-Elektrodenstaub weniger als 0,01 mg/m<sup>3</sup> betrug.

Im Vergleich zu Thorium-Wolfram-Elektroden haben WC20-Elektroden kein radioaktives Risiko und erhöhen die Gesundheitsgefährdung bei langfristiger Nutzung nicht.

##### Fälle:

Medizinische Industrie: Beim Schweißen von Titanimplantaten erfüllen die ungiftigen Eigenschaften der WC20-Elektroden strenge Hygieneanforderungen.

Lebensmittelverarbeitung: Beim Schweißen von Edelstahlbehältern gewährleisten Sie die

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

Gesundheit und Sicherheit der WC20-Elektroden die Konformität des Produkts.

**Einflussfaktoren:**

Schleifumgebung: Schlechte Belüftung kann das Risiko des Einatmens von Staub erhöhen.

Betriebsspezifikationen: Befolgen Sie sichere Betriebsverfahren, um Unfallverletzungen zu vermeiden.

**Empfehlungen zur Optimierung**

Verwenden Sie Lüftungsgeräte und Schutzmasken, um das Einatmen von Staub zu reduzieren.

Regelmäßige Schulung der Schweißer, um das Sicherheitsbewusstsein zu stärken.

**Fortschritt der Forschung**

Die neue Staubfiltrationstechnologie reduziert die Konzentration von Schleifstaub auf der WC20-Elektrode auf 0,005 mg/m<sup>3</sup>.

**3.6 China Wolfram Intelligentes Sicherheitsdatenblatt für Cer-Wolfram-Elektroden**

Sicherheitsdatenblatt (MSDS) - Cer-Wolfram-Elektrode

1. Produktinformationen

Produktname: Cer-Wolfram-Elektrode (WC20)

Chemischer Name: Wolfram (W) und Ceroxid (CeO<sub>2</sub>) Legierung

Verwendung: Wird zum Schutzgas-Schutzlichtbogenschweißen (WIG), Plasmaschweißen und Schneiden verwendet

CAS-Nummer:

Wolfram: 7440-33-7

Ceroxid: 1306-38-3

2. Zusammensetzung/Angaben zur Zusammensetzung

Wichtige Inhaltsstoffe:

Wolfram (W): 97,8 % ~ 98,2 % (Massenanteil)

Ceroxid (CeO<sub>2</sub>): 1,8 % ~ 2,2 % (Massenanteil).

Verunreinigungen: Eisen (Fe), Silizium (Si), Kohlenstoff (C) usw. mit einem Gehalt von weniger als 0,05 %

3. Identifizierung von Gefahren

Physikalische Gefahren: Es besteht keine Explosionsgefahr oder Entflammbarkeit von Festkörperelektroden. Beim Schleifen oder Schneiden kann Metallstaub entstehen.

Gesundheitsrisiken:

Einatmen: Wolfram- oder Ceroxidstaub aus dem Schleifen kann die Atemwege reizen.

Hautkontakt: Langfristiger Kontakt kann zu leichten Hautreizungen führen.

Blickkontakt: Staub kann die Augen reizen.

Radioaktivität: Cer-Wolfram-Elektroden sind extrem radioaktivitätsarm und erfüllen die Sicherheitsnormen ISO 6848.

Umweltgefahren: Während des Produktionsprozesses können Abfallstoffe anfallen, die

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

ordnungsgemäß entsorgt werden müssen, um Umweltverschmutzung zu vermeiden.

Hauptsymptome: Das Einatmen von Staub kann Husten oder Atembeschwerden verursachen; Augenkontakt kann zu Rötungen und Schwellungen führen.

#### 4. Erste-Hilfe-Maßnahmen

Einatmen: Bringen Sie die Person in einen gut belüfteten Bereich und suchen Sie bei Bedarf einen Arzt auf.

Hautkontakt: Waschen Sie den Kontaktbereich mit Wasser und Seife und suchen Sie bei Reizungen einen Arzt auf.

Blickkontakt: Mindestens 15 Minuten lang mit viel Wasser spülen und ggf. einen Arzt aufsuchen.

Verschlucken: Wenn es auftritt, suchen Sie sofort einen Arzt auf und stellen Ihnen dieses Sicherheitsdatenblatt zur Verfügung.

#### 5. Brandschutzmaßnahmen

Feuerlöschmethode: Die Festkörperelektrode ist nicht brennbar. Bei Staubbränden werden Trockenpulver oder Kohlendioxid-Löschmittel verwendet.

Besondere Gefahren: Ceroxid oder Wolframoxidgas können bei hohen Temperaturen freigesetzt werden, und es sollte Atemschutzausrüstung getragen werden.

Brandschutzmaßnahmen: Feuerwehrleute müssen Schutzkleidung und Überdruck-Atemschutzmasken tragen.

#### 6. Notfallbehandlung von Leckagen

Leckageschutz: Vermeiden Sie Elektrodenbruch oder Schleifstaub während der Lagerung und Verwendung.

Reinigungsmethode: Verwenden Sie einen Staubsauger oder ein feuchtes Tuch, um den Staub zu entfernen, um Staub zu vermeiden. Der gesammelte Abfall wird gemäß den örtlichen Vorschriften entsorgt.

Schutzmaßnahmen: Tragen Sie beim Umgang mit Leckagen Staubmasken und Schutzhandschuhe.

#### 7. Betrieb und Lagerung

Betriebliche Vorsichtsmaßnahmen:

Verwenden Sie spezielle Schleifgeräte, um eine übermäßige Staumentwicklung zu vermeiden.

Ausgestattet mit einem lokalen Belüftungssystem, tragen Sie eine Staubmaske und eine Schutzbrille.

Waschen Sie sich nach dem Eingriff mit den Händen, um langfristigen Hautkontakt zu vermeiden.

Lagerbedingungen:

In einem trockenen, belüfteten, luftdichten Behälter aufbewahren, um Feuchtigkeit und Kontamination zu vermeiden.

Von säurehaltigen Substanzen und Umgebungen mit hohen Temperaturen fernhalten.

Zur Identifizierung mit „WC20 Cerium Tungsten Electrode“ gekennzeichnet.

#### 8. Kontaktkontrolle/Personenschutz

Technische Kontrolle: Verwenden Sie lokale Absauggeräte oder Staubschutzabdeckungen, um die

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

Staubbelastung zu reduzieren.

Persönliche Schutzausrüstung:

Atenschutz: Tragen Sie beim Schleifen eine NIOSH-zertifizierte Staubmaske.

Handschutz: Tragen Sie verschleißfeste Handschuhe.

Augenschutz: Tragen Sie eine Schutzbrille.

Hautschutz: Tragen Sie einen langärmeligen Overall, um Hautkontakt zu vermeiden.

Expositionsgrenzwerte:

Referenz: OSHA PEL 5 mg/m<sup>3</sup>(TWA).

Ceroxid: Es gibt keinen spezifischen Grenzwert, es wird empfohlen, sich auf die Wolframstaubnorm zu beziehen.

#### 9. Physikalische und chemische Eigenschaften

Physikalischer Zustand: massiv (Stange oder Gewinde)

Farbe: silbergrau mit grauem Abzeichen an den Enden

Schmelzpunkt: Wolfram ca. 3422°C, Ceroxid ca. 2400°C

Dichte: ca. 19,3 g/cm<sup>3</sup>

Löslichkeit: Unlöslich in Wasser

Stabilität: stabil bei Raumtemperatur, kann bei hohen Temperaturen oxidieren

#### 10. Stabilität und Reaktionsfähigkeit

Stabilität: Stabile chemische Eigenschaften bei Raumtemperatur.

Reaktivität: Vermeiden Sie den Kontakt mit starken Säuren, Laugen oder oxidierenden Umgebungen mit hohen Temperaturen, in denen schädliche Gase entstehen können.

Kontraindizierte Substanzen: starke Oxidationsmittel, saure Substanzen.

#### 11. Toxikologische Informationen

Akute Toxizität: Geringe Toxizität, das Einatmen von Staub kann zu leichten Reizungen der Atemwege führen.

Chronische Toxizität: Das langfristige Einatmen hoher Staubkonzentrationen kann zu Lungenbeschwerden führen.

Karzinogenität: Von der IARC nicht als krebserregend gelistet.

Reproduktionstoxizität: Keine Daten verfügbar.

#### 12. Ökologische Informationen

Auswirkungen auf die Umwelt: Festkörperelektroden schaden der Umwelt nicht direkt, und Produktionsabfälle müssen ordnungsgemäß entsorgt werden.

Bioakkumulation: Keine signifikante Bioakkumulation.

Persistenz und Abbaubarkeit: nicht abbaubar, Recycling ist erforderlich.

#### 13. Abfallentsorgung

Entsorgungsmethode: Recyceln oder entsorgen Sie Elektrodenabfälle und Staub gemäß den örtlichen Vorschriften und vermeiden Sie eine direkte Entsorgung.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Recycling-Tipp: Schicken Sie den Schrott zu einer professionellen Metallrecyclinganlage, um Wolfram und Ceroxid zurückzugewinnen.

Vorsichtsmaßnahmen: Vermeiden Sie das Eindringen von Abfällen in Wasser oder Boden, um Umweltverschmutzung zu vermeiden.

#### 14. Versandinformationen

Klassifizierung des Transports: ungefährliche Güter in Übereinstimmung mit den internationalen Transportnormen.

Anforderungen an die Verpackung: Verwenden Sie feuchtigkeits- und staubdichte Verpackungen und geben Sie Produktinformationen an.

Vorsichtsmaßnahmen beim Transport: Vermeiden Sie Verpackungsschäden und verhindern Sie das Austreten von Staub.

#### 15. Regulatorische Informationen

Internationale Vorschriften: Einhaltung der EU-REACH-Verordnung mit Radioaktivitätswerten unterhalb der Sicherheitsgrenzwerte.

Inländische Vorschriften: Halten Sie sich an die chinesischen Vorschriften zum Sicherheitsmanagement gefährlicher Chemikalien und das Umweltschutzgesetz.

Industriestandards: Entspricht den Standards ISO 6848, AWS A5.12, GB/T 4192.

#### 16. Sonstige Informationen

Lieferant: CTIA GROUP LTD

Telefon: 0592-5129696/5129595

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung



## Kapitel 4 Herstellungs- und Produktionsprozess und -technologie der Cer-Wolfram-Elektrode

Als wichtige nicht abschmelzende Elektrode beim Schutzgasschweißen (WIG) und Plasma-Lichtbogenschweißen verlassen sich Cer-Wolfram-Elektroden auf die Wissenschaftlichkeit und Präzision der gesamten Produktionskette von der Rohstoffauswahl bis zur Endverarbeitung. Der Vorbereitungsprozess umfasst mehrere komplexe Verknüpfungen, darunter die Auswahl und Vorbehandlung der Rohstoffe, die Optimierung der Pulvermetallurgietechnologie, die Verfeinerung der nachfolgenden Verarbeitungstechnologie, die Verbesserung des Qualitätskontrollsystems und die Einführung einer fortschrittlichen Produktionstechnologie. In diesem Kapitel wird der Herstellungsprozess der Cer-Wolfram-Elektrode systematisch aus fünf Aspekten erläutert – Rohstoffauswahl und -vorbehandlung, Pulvermetallurgietechnologie, nachfolgende Verarbeitungstechnologie, Qualitätskontrolle und Prozessoptimierung sowie fortschrittliche Produktionstechnologie – und die Prozessprinzipien, technischen Prozesse, Einflussfaktoren, Optimierungsstrategien und zukünftige Entwicklungstrends jedes Glieds werden eingehend untersucht.

### 4.1 Auswahl des Rohmaterials und Vorbehandlung der Cer-Wolfram-Elektrode

Die Auswahl und Vorbehandlung der Rohstoffe sind die Eckpfeiler der Herstellung von Cer-Wolfram-Elektroden, die chemische Zusammensetzung, die Mikrostruktur und die endgültigen

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Eigenschaften der Elektrode direkt bestimmen. Wolframpulver als Hauptbestandteil, Ceroxid als Schlüsseldotierungsmaterial und möglicherweise weitere Additive müssen stark gesiebt und verarbeitet werden, um den Anforderungen an Hochleistungsschweißelektroden gerecht zu werden.

#### 4.1.1 Anforderungen an Reinheit und Partikelgröße von Wolframpulver

Wolframpulver ist der Kernrohstoff der Cer-Wolfram-Elektrode und macht 96 % ~ 98 % der Elektrodenmasse aus. Ihre Reinheits- und PartikelgröÙeneigenschaften haben einen entscheidenden Einfluss auf die Stabilität, die Lichtbogeneigenschaften und die mechanische Festigkeit der Elektrode in Hochtemperatur-Lichtbogenumgebungen. Als Metall mit einem hohen Schmelzpunkt (3422 °C) und einer hohen Dichte (19,25 g/cm<sup>3</sup>) weist Wolfram eine ausgezeichnete Hochtemperaturbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit auf, aber Spurenverunreinigungen oder eine unsachgemäÙe PartikelgröÙenverteilung können zu einer Abnahme der Elektrodenleistung während des Schweißprozesses führen, wie z. B. Lichtbogeninstabilität oder erhöhtes Ausbrennen.

#### Anforderungen an die Reinheit von Wolframpulver

Die Reinheit des Wolframpulvers ist der Schlüssel, um sicherzustellen, dass die Elektrode ihre chemische Stabilität und ihre elektrischen Eigenschaften bei Hochtemperaturlichtbögen (6000 ~ 7000 K) beibehält. Nach internationalen Standards (wie ISO 6848:2004) und chinesischen nationalen Standards (GB/T 4192-2015) muss die Reinheit von Wolframpulver in der Regel mehr als 99,95 % erreichen, und zu den häufigsten Verunreinigungen gehören Eisen (Fe), Silizium (Si), Aluminium (Al), Sauerstoff (O) und Kohlenstoff (C). Diese Verunreinigungen können bei hohen Temperaturen niedrigschmelzende Verbindungen (z. B. Eisenoxid mit einem Schmelzpunkt von etwa 1565 °C) bilden, die zum Durchbrennen der Elektrodenoberfläche oder zur Kontamination des Schmelzbades führen. Wolfram Präzisionspulver mit höherer Reinheit (99,99 %) ist beim Schweißen besonders wichtig, da es die Lichtbogenstabilität erheblich verbessert und Elektrodenverluste reduziert.

Auswirkungen der Reinheit auf die Leistung: Spurenverunreinigungen können die thermionischen Emissionseigenschaften der Elektrode verändern, die Startspannung des Lichtbogens erhöhen oder Lichtbogenjitter verursachen. Eisenverunreinigungen können bei hohen Temperaturen flüchtige Oxide bilden, die das Durchbrennen der Elektroden beschleunigen. Sauerstoffverunreinigungen können dazu führen, dass sich eine Oxidschicht auf der Elektrodenoberfläche bildet, die die elektrischen Eigenschaften verringert. Durch die Reduzierung dieser Verunreinigungen kann ultrahochreines Wolframpulver die Lichtbogenzündungsleistung, die Lichtbogenkonzentration und die Haltbarkeit der Elektrode bei hohen Temperaturen optimieren, wodurch es sich besonders für das Präzisionsschweißen mit niedrigem Strom oder das Langzeitschweißen mit hoher Last eignet.

Reinigungsprozess: Wolframpulver wird in der Regel durch die thermische Zersetzungsmethode von Ammoniumparawolframat (APT) hergestellt, und der Prozess umfasst die Aufbereitung von Wolframerz, die chemische Auflösung, Kristallisation und Reinigung sowie die Wasserstoffreduktion. Der Aufbereitungsprozess entfernt Gangart und Verunreinigungen aus dem Erz durch Flotation und magnetische Trennung, um hochreines APT zu erhalten. Bei der chemischen Auflösung wird Ammoniak oder Säure verwendet, um Wolframerz in lösliches Wolframat

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

umzuwandeln, gefolgt von einer mehrstufigen Kristallisation, um nichtmetallische Verunreinigungen zu entfernen. Die Wasserstoffreduktion ist ein kritischer Schritt, der in der Regel in zwei Stufen in einem Rohofen durchgeführt wird: Die erste Stufe zerlegt APT bei niedrigeren Temperaturen in Wolframoxid ( $\text{WO}_3$ ), und die zweite Stufe reduziert Wolframoxid bei Temperaturen zu Wolframpulver. Der Reduktionsprozess erfordert die Verwendung von hochreinem Wasserstoff (Reinheit  $\geq 99,999\%$ ) und eine strenge Kontrolle des Taupunkts ( $< -40\text{ }^\circ\text{C}$ ), um eine Oxidation zu verhindern. Nach der Reduktion muss Wolframpulver gebeizt werden (z. B. verdünnte Salpetersäure oder Salzsäurelösung), um Restoxide auf der Oberfläche zu entfernen und die Reinheit weiter zu verbessern.

Prozessdetails: Der Reduktionsofen muss ein mehrstufiges Heizdesign annehmen, um gleichmäßige Temperaturgradienten zu gewährleisten und eine unvollständige Verflüchtigung von Verunreinigungen durch lokale Überhitzung zu vermeiden. Die Wasserstoffflussregelung ist entscheidend für die Reduzierungseffizienz und muss für die Ofengröße und das Pulvervolumen optimiert werden. Der Beizprozess erfordert eine präzise Kontrolle der Säurekonzentration und der Verarbeitungszeit, um Oberflächenfehler durch übermäßige Korrosion zu vermeiden. In der Reinigungswerkstatt muss eine staubfreie Umgebung (ISO-Stufe 5, Partikelkonzentration  $< 3520$  Partikel/ $\text{m}^3$ ) eingehalten werden, um zu verhindern, dass Staub oder Verunreinigungen in der Luft das Wolframpulver verunreinigen.

#### **Einflussfaktoren:**

Rohstoffquelle: China verfügt über mehr als 60 % der weltweiten Wolframerzreserven, die hauptsächlich in Zhuzhou, Hunan und Ganzhou, Jiangxi, produziert werden. Hochwertiges Wolframerz kann durch Optimierung des Aufbereitungsprozesses eine höhere Reinheit APT erzielen.

Produktionsumgebung: Der Reinigungsprozess wird in einem Reinraum durchgeführt, der mit einem hocheffizienten Filtersystem ausgestattet ist, um eine Staubkontamination zu vermeiden. Feuchtigkeit oder Sauerstoff in der Luft können zur Oxidation von Wolframpulver führen, was auf seine Reinheit auswirkt.

Lagerbedingungen: Wolframpulver weist eine starke Hygroskopizität und Oxidationstendenzen auf und muss in versiegelten Behältern aus Edelstahl oder Polyethylen gelagert werden, um eine niedrige Luftfeuchtigkeit ( $< 30\%$ ) und eine niedrige Temperatur ( $< 25\text{ }^\circ\text{C}$ ) aufrechtzuerhalten und eine Oberflächenoxidation oder Agglomeration zu verhindern.

Qualitätskontrolle: Bei der Reinheitsprüfung wird in der Regel die Emissionsspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES) verwendet, um Metallreinigungen mit einer Genauigkeit von bis zu ppm-Werten zu analysieren. Die Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA) dient der schnellen Detektion von Verunreinigungsverteilungen und eignet sich für die Echtzeitüberwachung an der Produktionslinie. Bei der Prüfung sollte insbesondere auf metallische Verunreinigungen wie Eisen und Silizium sowie nichtmetallische Verunreinigungen wie Sauerstoff und Kohlenstoff geachtet werden, um sicherzustellen, dass ihr Gehalt unter dem Normgrenzwert liegt. Die regelmäßige Kalibrierung der Prüfmittel und die Etablierung eines Systems zur Ladungsrückverfolgbarkeit tragen dazu bei, die Stabilität der Wolframpulverqualität zu

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

gewährleisten.

### **Vorschläge zur Optimierung:**

Als Rohstoff wurde hochwertiges Wolframerz ausgewählt, um die Reinheit von APT durch mehrstufige Aufbereitung und Kristallisationsreinigung zu verbessern.

Optimieren Sie den Wasserstofffluss und die Temperaturregelung während der Reduktion, um Verunreinigungsrückstände zu reduzieren.

Einrichtung eines mehrstufigen Testsystems, kombiniert mit ICP-OES und RFA, um eine doppelte Überwachung von Labor- und Produktionslinie zu erreichen.

Optimieren Sie das Lagermanagement mit vakuumversiegelten Verpackungen und Trockenmitteln, um die Langzeitstabilität von Wolframpulver zu gewährleisten.

Implementieren Sie ein Chargenqualitätsmanagement, um die Herkunft und die Handhabungsaufzeichnungen jeder Charge von Wolframpulver durch Barcode- oder RFID-Technologie zu verfolgen.

### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Die Niedertemperatur-Plasmareinigungstechnologie reduziert den Energieverbrauch, indem sie die Reduktionstemperatur (600 ~ 700 °C) reduziert und gleichzeitig die Reinheit des Wolframpulvers verbessert, das für umweltfreundliche Fertigungsanforderungen geeignet ist.

Bei der Biolaugungstechnologie werden Mikroorganismen verwendet, um Wolfram aus Wolframerz zu extrahieren, wodurch der Einsatz chemischer Reagenzien reduziert und die Umweltverschmutzung verringert wird.

Das intelligente Detektionssystem analysiert die Verteilung von Verunreinigungen durch Algorithmen der künstlichen Intelligenz und optimiert den Reinigungsprozess in Kombination mit maschinellem Lernen, um die Detektionseffizienz und -genauigkeit zu verbessern.

Neue Reinigungsanlagen, wie z. B. plasmagestützte chemische Gasphasenabscheidungssysteme (PECVD), können die Reinheit von Wolframpulver weiter verbessern und die Anforderungen des ultrahochpräzisen Schweißens erfüllen.

### **Anforderungen an die Partikelgröße von Wolframpulver**

Die Partikelgröße und -verteilung von Wolframpulver haben einen tiefgreifenden Einfluss auf die Sinteraktivität des Pulvers, die Dichte der Elektrode und die mechanische Festigkeit. Die Partikelgröße wird in der Regel im Bereich von 15 Mikrometern kontrolliert, und die durchschnittliche Partikelgröße (D50) beträgt 23 Mikrometer, und die Verteilungsabweichung sollte so gering wie möglich sein, um die Gleichmäßigkeit der Partikelbindung während des Sinterprozesses zu gewährleisten. Eine zu große Partikelgröße kann die Oberflächenenergie des Pulvers verbessern und die Diffusion und Bindung von Partikeln während des Sinterprozesses fördern, aber eine zu kleine Partikelgröße kann zu Agglomeration führen oder die Produktionskosten erhöhen, während eine zu große Partikelgröße zu einem ungleichmäßigen Sintern führen und die Korngrenzfestigkeit der Elektrode verringern kann.

Einfluss der Partikelgröße auf die Leistung: Die richtige Partikelgrößenverteilung trägt zur Bildung einer dichten Mikrostruktur bei und erhöht die Dichte und Zugfestigkeit der Elektroden. Die feine

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Partikelgröße erhöht die Sinteraktivität, so dass die Elektrode bei hohen Temperaturen eine stabile Geometrie und elektrische Eigenschaften beibehält. Eine ungleichmäßige Partikelgrößenverteilung kann während des Sinterns zu einer Entmischung von Ceroxidpartikeln führen, was sich auf die Lichtbogeninitiierungsleistung und die Lichtbogenstabilität der Elektrode auswirkt. Sphärisches Wolframpulver hat im Vergleich zu unregelmäßigen Partikeln eine höhere Fließfähigkeit und Sintereffizienz und trägt zur Bildung gleichmäßiger Korngrenzstrukturen bei.

#### **Prozess der Partikelgrößenkontrolle:**

**Luftstromklassifizierung:** Trennen Sie Wolframpulver unterschiedlicher Partikelgrößen basierend auf dem aerodynamischen Verhalten der Partikel durch Zyklonklassifikatoren oder Luftstrombewertungsgeräte. Während des Sortierprozesses ist es notwendig, die Luftströmungsgeschwindigkeit und die Sortiergenauigkeit zu steuern, um eine gleichmäßige Partikelgrößenverteilung zu gewährleisten. Luftstrom-Sortiergeräte sind oft mit hochpräzisen Sensoren ausgestattet, die die Partikelgrößenverteilung in Echtzeit überwachen.

**Hochenergie-Kugelmühle:** Zum Mahlen von Wolframpulver wird eine Planetenkugelmühle verwendet, und die Partikelgröße wird durch Einstellen der Drehzahl, des abrasiven Materials (z. B. Zirkonoxidkugeln) und der Mahlzeit gesteuert. Das Kugelmahlverfahren vermeidet ein Überschleifen, um Partikelbruch oder Verunreinigungen zu vermeiden. Die Wahl des Schleifmediums und das Kugel-Material-Verhältnis hatten einen wesentlichen Einfluss auf den Effekt der Partikelgrößenkontrolle.

**Sprühtrocknung:** Die Wolframpulversuspension wird durch die Sprühtrocknungsanlage geleitet, um kugelförmige Partikel zu bilden, wodurch die Fließfähigkeit und die Sinter Eigenschaften des Pulvers verbessert werden. Bei der Sprühtrocknung müssen die Düsenöffnung, die Vorschubgeschwindigkeit und die Trocknungstemperatur gesteuert werden, um gleichmäßige kugelförmige Partikel zu bilden.

**Prozessdetails:** Während des Kugelfräsprozesses müssen Schleifmittel mit hoher Härte (wie Zirkonoxid oder Wolframkarbid) ausgewählt werden, um die Verschmutzung zu reduzieren, das Kugel-Material-Verhältnis beträgt normalerweise 10:1 ~ 20:1, und die Schleifzeit muss entsprechend der Zielpartikelgröße optimiert werden. Luftstromsichter müssen mit hocheffizienten Filtersystemen ausgestattet sein, um den Verlust von Feinstaub zu verhindern. Das Düsendesign und die Trocknungstemperatur der Sprühtrocknung haben einen wesentlichen Einfluss auf die Partikelmorphologie und die Parameter müssen durch Experimente optimiert werden. Der Sortier- und Trocknungsprozess wird in einer Umgebung mit hochreinem Stickstoff oder Argon durchgeführt, um Oxidation zu vermeiden.

#### **Einflussfaktoren:**

**Reduktionsprozess:** Die Temperatur und der Zeitpunkt der Wasserstoffreduktion wirken sich direkt auf das Wachstum der Partikelgröße aus. Eine Hochtemperaturreduzierung kann zu einer Partikelagglomeration führen und die Partikelgröße erhöhen. Die kryogene Reduktion führt zur Bildung feinerer Partikel, dauert aber länger.

**Pulverform:** Sphärisches Wolframpulver hat eine höhere Fließfähigkeit und Sinteraktivität, wodurch es für die Herstellung von Elektroden mit hoher Dichte geeignet ist. Unregelmäßige Partikel können

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

zu ungleichmäßigem Sintern führen, was die Leistung der Elektrode beeinträchtigt.

Gerätegenauigkeit: Die Abscheideeffizienz von Sortieranlagen und die Sensorgenauigkeit beeinflussen die Stabilität der Partikelgrößenverteilung. Niedrigpräzise Geräte können zu erhöhten Abweichungen der Partikelgröße führen.

Qualitätskontrolle: Laser-Partikelgrößenanalytoren werden verwendet, um die Partikelgrößenverteilung genau zu messen, und Rasterelektronenmikroskopie (REM) wird verwendet, um die Partikelmorphologie und -agglomeration zu beobachten. Während des Testprozesses ist es notwendig, auf die D10-, D50- und D90-Werte zu achten, um eine gleichmäßige Verteilung zu gewährleisten. Die regelmäßige Kalibrierung von Prüfmitteln und der Aufbau einer Partikelgrößen Datenbank können zur Optimierung der Prozessparameter beitragen.

### **Vorschläge zur Optimierung:**

In Kombination mit der Luftstromsortierung und der Sprühtrocknung sorgt es für eine gleichmäßige Partikelgrößenverteilung und eine gleichmäßige Partikelmorphologie.

Optimieren Sie die Parameter der Kugelmühle und wählen Sie geeignete Strahlmittel und Schleifbedingungen aus, um Verunreinigungen zu vermeiden.

Verwenden Sie einen hochpräzisen Laser-Partikelgrößenanalytator, um die Partikelgrößenverteilung in Echtzeit zu überwachen.

Bevorzugte Wahl von sphärischem Wolframpulver zur Verbesserung der Sinterleistung und der Elektrodendichte.

Implementieren Sie ein Inline-System zur Überwachung der Partikelgröße, um die Sortiereffizienz durch Sensoren und Datenanalyse zu optimieren.

### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Die Entwicklung von nanoskaligem Wolframpulver (Partikelgröße < 100 nm) verbessert die Dichte und mechanische Festigkeit der Elektrode erheblich, wodurch sie für hochpräzise Schweißanforderungen geeignet ist.

Das intelligente Partikelgrößenbewertungssystem verbessert die Genauigkeit und Effizienz der Partikelgrößenkontrolle durch Bilderkennung und Echtzeit-Feedback-Technologie weiter.

Umweltfreundliche Aufbereitungsverfahren, wie z. B. die Niedertemperaturreduzierung in Kombination mit der Ultraschall-Dispergiertechnologie, reduziert den Energieverbrauch und das Risiko einer Partikelagglomeration im Einklang mit dem Trend der nachhaltigen Entwicklung.

Neue Sortieranlagen, wie z. B. Zentrifugal-Nanoklassifikatoren, ermöglichen eine feinere Partikelgrößenkontrolle, um die Produktionsanforderungen von ultrahochpräzisen Elektroden zu erfüllen.

#### **4.1.2 Herkunft und Qualitätskontrolle von Ceroxid**

Ceroxid ( $\text{CeO}_2$ ) ist ein wichtiges Dotierungsmaterial für Cer-Wolfram-Elektroden und macht 2%~4% der Elektrodenmasse aus. Seine Reinheit, Partikelgröße und chemische Stabilität haben einen tiefgreifenden Einfluss auf die Lichtbogenleistung, die Lichtbogenstabilität und die Haltbarkeit der Elektrode bei hohen Temperaturen. Die gleichmäßige Verteilung und die hohe Qualität des Ceroxids sind wichtige Garantien, um die Konsistenz der Elektrodenleistung zu gewährleisten.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

## CTIA GROUP LTD

### Cerium Tungsten Electrode Introduction

#### 1. Overview of Cerium Tungsten Electrode

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO<sub>2</sub>). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

#### 2. Features of Cerium Tungsten Electrode

**Excellent Arc Starting:** Easy to ignite at low current, with stable and reliable performance.

**Low Burn-off Rate:** Cerium oxide enhances evaporation resistance at high temperatures, extending electrode life.

**High Arc Stability:** Focused arc with minimal flicker, suitable for precision welding.

**Radiation-Free & Eco-Friendly:** A safe and environmentally sound alternative to radioactive thoriated electrodes.

#### 3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode

Type	CeO <sub>2</sub> Content	Color Code	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

#### 4. Applications of Cerium Tungsten Electrode

TIG welding of stainless steel, carbon steel, titanium alloys, nickel alloys, etc.

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

Low-current plasma arc cutting and high-frequency ignition systems

#### 5. Procurement Information

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: [www.tungsten.com.cn](http://www.tungsten.com.cn)

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Copyright© 2025 CTIA All Rights Reserved  
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2025 version  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

Tel: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2025V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

## Ceroxid-Quelle

Ceroxid wird hauptsächlich aus Seltenerdmineralien (wie Monazit, Fluorocerz) gewonnen, und China als weltweit größter Produzent von Seltenen Erden verfügt über reiche Seltenerdressourcen, darunter Baotou in der Inneren Mongolei und Liangshan in Sichuan. Der Extraktionsprozess umfasst komplexe physikalische und chemische Behandlungen, die darauf abzielen, hochreines Ceroxid zu erhalten, um die Anforderungen der Elektrodenvorbereitung zu erfüllen.

Extraktionsprozess: Seltenerdmineralien werden zunächst zerkleinert und zu feinen Partikeln gemahlen, gefolgt von der Flotationstechnologie, um Seltenerdmineralien zu trennen. Beim Flotationsprozess werden spezielle Flotationsmittel (wie Fettsäuren, Amine oder Sulfonate) verwendet, um die Cerrückgewinnung zu verbessern, und der Prozess muss die Schlammkonzentration und den pH-Wert für die Selektivität optimieren. Das abgetrennte Seltenerdkonzentrat wird durch Säureauflösung (in der Regel unter Verwendung von Schwefelsäure oder Salzsäure) in lösliche Seltenerdsalze umgewandelt, gefolgt von der Trennung von Cer-Ionen durch Lösungsmittelextraktionstechniken wie P204- oder P507-Extraktionsmittel. Die erzeugte Cerlösung wird durch Fällung (z. B. Oxalsäurefällung) zu Cercarbonat oder Ceroxalat gebildet, das anschließend in einem Hochtemperaturröstopfen (800–1000 °C) zu Ceroxidpulver mit einer Reinheit von 99,9 % bis 99,99 % geröstet wird.

Prozessdetails: Der Flotationsprozess erfordert eine genaue Kontrolle des pH-Werts der Aufschlämmung (normalerweise 6–8) und der Flotationsmittelkonzentration, um die Rückgewinnung von Cer zu verbessern und den Einbau anderer Seltenerdelemente zu reduzieren. Bei der Lösungsmittelextraktion müssen das Verhältnis und die Extraktionsstufe des Extraktionsmittels optimiert werden, um eine effiziente Trennung von Cer und anderen Seltenerdelementen (wie Lanthan und Praseodym) zu gewährleisten. Während des Röstprozesses müssen der Temperaturgradient und die Atmosphäre (in der Regel Luft oder Sauerstoff) im Ofen kontrolliert werden, um eine Veränderung der Kristallform oder das Einbringen von Verunreinigungen zu vermeiden. Röstöfen verfügen in der Regel über Dreh- oder Schubplattendesigns, um eine gleichmäßige Pulvererwärmung zu gewährleisten.

## Einflussfaktoren:

Erzqualität: Hochwertiges Fluoroceriumerz (Cergerhalt >50%) kann die Extraktionseffizienz erheblich verbessern und die Produktionskosten senken. Minderwertige Erze können zusätzliche Aufbereitungsschritte erfordern, was den Energieverbrauch erhöht.

Auswahl des Extraktionsmittels: Das Extraktionsmittel P204 hat eine höhere Selektivität für Cer als P507, aber die Kosten sind höher, damit es entsprechend der Wirtschaftlichkeit optimiert werden muss.

Umweltkontrolle: Die Reinigungswerkstatt muss einen hohen Reinheitsgrad (ISO-Stufe 6, Partikelkonzentration < 35.200 Partikel/m<sup>3</sup>) einhalten, um Staub- oder Luftverschmutzung zu vermeiden. Feuchtigkeit in der Luft kann dazu führen, dass Ceroxid Feuchtigkeit aufnimmt und seine Qualität beeinträchtigt.

Röstbedingungen: Zu hohe Temperaturen können dazu führen, dass Ceroxidpartikel sintern und die Partikelgröße beeinflussen. Eine zu niedrige Temperatur kann zu einer unvollständigen Umwandlung führen.

### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Einfluss der Masse auf die Leistung: Hochreines Ceroxid kann die Elektronenausstrittsarbeit der Elektrode (ca. 2,5 eV) effektiv reduzieren, die Lichtbogeninitiierungsleistung verbessern und den Lichtbogen zündfähiger und stabiler machen. Spuren von Seltenerdverunreinigungen (z. B. Lanthanoxid, Praseodymoxid) können die thermionischen Emissionseigenschaften verändern, die Lichtbogenanspannung erhöhen oder Lichtbogenjitter verursachen. Die feine und gleichmäßige Partikelgrößenverteilung trägt zur gleichmäßigen Dotierung von Ceroxid in der Wolframmatrix bei, bildet eine stabile Korngrenzstruktur und verbessert dadurch die mechanische Festigkeit und Hochtemperaturstabilität der Elektrode.

### Qualitätskontrolle von Ceroxid

Reinheitskontrolle: Die Reinheit von Ceroxid sollte mehr als 99,9 % erreichen, und der Gehalt an Verunreinigungen (wie Lanthanoxid, Praseodymoxid und Neodymoxid) sollte weniger als 0,01 % betragen. Die Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) ist die bevorzugte Methode zum Nachweis von Seltenerdverunreinigungen mit einer Genauigkeit bis in den ppb-Bereich und eignet sich daher für hochpräzise Laboranalysen. Die Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA) dient der schnellen Analyse von Verunreinigungsverteilungen und eignet sich für die Echtzeitüberwachung an der Produktionslinie. Die Reinheitskontrolle wird während des gesamten Extraktions-, Röst- und Lagerprozesses durchgeführt, um sicherzustellen, dass keine Verunreinigungen eingetragen werden.

Kontrolle der Partikelgröße: Die Partikelgröße von Ceroxid wird normalerweise bei 0,5 ~ 2 Mikrometern kontrolliert, mit einer durchschnittlichen Partikelgröße von etwa 1 Mikrometer, um die Gleichmäßigkeit der Dotierung und die Sinterleistung zu gewährleisten. Die Airflow-Mahltechnologie zermahlt Ceroxid durch einen Luftstrom mit hoher Geschwindigkeit auf die Zielpartikelgröße, und die Luftströmungsgeschwindigkeit muss in einem angemessenen Bereich gesteuert werden, um ein Übermahlen zu vermeiden. Die Sprühtrocknungstechnologie formt kugelförmige Partikel, die den Pulverfluss und die Dotierungseffizienz verbessern. Der Laser-Partikelgrößenanalysator wird verwendet, um die Partikelgrößenverteilung zu überwachen und sicherzustellen, dass die D50-Abweichung gering ist.

Formkontrolle: Sphärische Ceroxidpartikel weisen eine bessere Fließfähigkeit und Dotierungsgleichmäßigkeit auf als unregelmäßige Partikel und tragen zur Bildung stabiler Korngrenzstrukturen während des Sinterns bei. Bei der Sprühtrocknung müssen die Porengröße der Düse, die Vorschubgeschwindigkeit und die Trocknungstemperatur optimiert werden, um Partikelagglomeration oder ungleichmäßige Morphologie zu vermeiden.

### Details zum Prozess:

Bei der Zerkleinerung mit Luftstrom muss hochreines Stickstoffgas (Reinheit  $\geq 99,999\%$ ) als Medium verwendet werden, um zu verhindern, dass Ceroxid Feuchtigkeit aufnimmt oder oxidiert. Das Düsendesign und die Trocknungstemperatur der Sprühtrocknung haben einen wesentlichen Einfluss auf die Partikelmorphologie und die Parameter müssen durch Experimente optimiert werden.

Verwenden Sie während der Lagerung versiegelte Behälter und Trockenmittel, um eine niedrige Luftfeuchtigkeit ( $< 20\%$ ) und eine dunkle Umgebung aufrechtzuerhalten, um Veränderungen der chemischen Eigenschaften von Ceroxid zu vermeiden.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

### **Einflussfaktoren:**

Zerkleinerungsprozess: Die Geschwindigkeit und der Druck der Luftströmung müssen präzise gesteuert werden, um Partikelfragmentierung oder Agglomeration zu vermeiden.

Lagerbedingungen: Ceroxid reagiert empfindlich auf Feuchtigkeit und sollte vermieden werden, wenn es hoher Luftfeuchtigkeit ausgesetzt wird.

Chargenkonsistenz: Die Reinheit und Partikelgröße von Ceroxid muss von Charge zu Charge durch ein Online-Überwachungssystem konsistent sein, um die Stabilität der Elektrodenleistung zu gewährleisten.

### **Vorschläge zur Optimierung:**

Bevorzugen Sie hochreines Ceroxid (99,99 %), um die Elektrodenleistung zu optimieren, insbesondere beim hochpräzisen Schweißen.

In Kombination mit Luftstromzerkleinerungs- und Sprühtrocknungsverfahren sorgt es für eine gleichmäßige Partikelgröße und -morphologie.

Es wurde ein mehrstufiges Detektionssystem zur Überwachung von Reinheit und Verunreinigungsgehalt in Kombination mit ICP-MS und RFA eingerichtet.

Optimiertes Lagermanagement durch den Einsatz von Vakuumverpackung und Trockenmitteln, um die Stabilität von Ceroxid zu erhöhen.

Implementieren Sie ein Chargenqualitätsmanagement und erfassen Sie die Herkunft und den Verarbeitungsprozess jeder Charge von Ceroxid durch ein digitales Rückverfolgbarkeitssystem.

### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Die Entwicklung von nanoskaligem Ceroxid (Partikelgröße < 100 nm) verbessert die Gleichmäßigkeit der Dotierung und die Elektrodenleistung erheblich, wodurch es für hochpräzises Schweißen geeignet ist.

Umweltfreundliche Extraktionstechnologien wie die Biolaugung nutzen die mikrobielle Wirkung, um Cer zu extrahieren und so die Emissionen von chemischen Abfällen zu reduzieren, was den Trends des Umweltschutzes entspricht.

Das intelligente Detektionssystem analysiert die Partikelverteilung und den Gehalt an Verunreinigungen durch künstliche Intelligenz, kombiniert mit maschinellem Lernen, um den Extraktionsprozess zu optimieren und die Effizienz der Qualitätskontrolle zu verbessern.

Neue Röstanlagen, wie z. B. Mikrowellenröstöfen, ermöglichen eine gleichmäßigere Erwärmung und verringern das Risiko von Verschiebungen der Kristallform.

#### **4.1.3 Auswahl weiterer Zusatzstoffe**

Neben Wolframpulver und Ceroxid können bei der Herstellung von Cer-Wolfram-Elektroden Spuren von Seltenerdoxiden oder anderen Verbindungen (z. B. Lanthanoxid  $\text{La}_2\text{O}_3$ , Yttrium  $\text{Y}_2\text{O}_3$ , Zirkonoxid  $\text{ZrO}_2$ ) zugesetzt werden, um bestimmte Eigenschaften wie Lichtbogeneigenschaften, Hochtemperaturstabilität oder Korrosionsbeständigkeit zu optimieren. Die Auswahl und Kontrolle dieser Additive ist entscheidend für die Verbesserung der Elektrodenleistung.

### **Arten und Funktionen von Zusatzstoffen**

#### **Lanthanoxid ( $\text{La}_2\text{O}_3$ ):**

##### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Funktion: Lanthanoxid hat eine geringe Elektronenaustrittsarbeit (ca. 2,4 eV) und eine ausgezeichnete Hochtemperaturstabilität (Schmelzpunkt 2315 °C), was die Lichtbogenleistung und Haltbarkeit der Elektrode verbessern kann. Lanthanoxid macht den Lichtbogen zündfähiger und konzentrierter, indem es die thermionischen Emissionseigenschaften verbessert und ihn für Hochstromschweißumgebungen geeignet macht. Ihr hoher Schmelzpunkt sorgt dafür, dass die Elektrode auch bei hohen Temperaturen strukturell stabil bleibt.

Additionsverhältnis: normalerweise 0,1 % ~ 0,5 %, es muss genau gesteuert werden, um eine Erhöhung der Sprödigkeit der Elektrode zu vermeiden. Das richtige Verhältnis von Lanthanoxid optimiert die Lichtbogenstabilität und verlängert die Lebensdauer der Elektrode.

Qualitätsanforderungen: Die Reinheit sollte mehr als 99,9 % erreichen und die Partikelgröße sollte bei 0,5 ~ 2 Mikrometern kontrolliert werden, in Übereinstimmung mit Ceroxid, um die Gleichmäßigkeit der Dotierung zu gewährleisten. Der Gehalt an Verunreinigungen (wie Ceroxid oder Praseodymoxid) sollte weniger als 0,01 % betragen.

#### **Yttriumoxid (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>):**

Funktion: Yttriumoxid ist bekannt für seinen hohen Schmelzpunkt (2410 °C) und seine chemische Stabilität, die die Ausbrennschutzeigenschaften von Elektroden verbessern kann, wodurch es sich besonders für das Schweißen mit hoher Belastung eignet. Yttriumoxid verbessert die mechanische Festigkeit und die Haltbarkeit von Elektroden bei hohen Temperaturen, indem es die Korngrenzstruktur stärkt.

Zugabeverhältnis: 0,1 % ~ 0,3 %, zu hoch kann die Duktilität der Elektrode verringern und die Verarbeitungsleistung beeinträchtigen.

Qualitätsanforderungen: Reinheit ≥ 99,9 %, Partikelgröße 0,5 ~ 1,5 Mikrometer, Gewährleistung der Kompatibilität mit Wolframpulver und Ceroxid.

#### **Zirkonoxid (ZrO<sub>2</sub>):**

Funktion: Zirkonoxid ist bekannt für seine hohe Härte und chemische Inertheit, die die Härte und Korrosionsbeständigkeit von Elektroden verbessern kann, wodurch es für den Einsatz in Umgebungen mit korrosiven Gasen geeignet ist. Die Zugabe einer kleinen Menge erhöht die Oberflächenstabilität der Elektrode.

Zugabeverhältnis: 0,05 % ~ 0,2 %, die Stärke muss kontrolliert werden, um die Lichtbogenstabilität nicht zu beeinträchtigen.

Qualitätsanforderungen: Reinheit ≥ 99,95 %, Partikelgröße 0,5~1 Mikron, um eine gleichmäßige Dotierung zu gewährleisten.

#### **Details zum Prozess:**

Die Additive müssen mit Wolframpulver und Ceroxid durch Hochenergie-Kugelmahlen oder Ultraschalldispersieren gemischt werden, um eine gleichmäßige Verteilung zu gewährleisten. Das Kugelfräsen erfordert die Verwendung von Schleifmitteln mit hoher Härte (z. B. Zirkonoxidkugeln), um Verunreinigungen zu vermeiden.

Der Mischprozess wird in einer Umgebung mit hochreinem Stickstoff oder Argon (Reinheit ≥99,999 %) mit kontrollierter Umgebungsfeuchtigkeit (<20 %) durchgeführt, um eine Feuchtigkeitsaufnahme zu verhindern.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Zusatzstoffe sollten in luftdichten Behältern gelagert und in einer Umgebung mit geringer Luftfeuchtigkeit aufbewahrt werden, um chemische Veränderungen zu vermeiden.

#### **Einflussfaktoren:**

Zugabeverhältnis: Bringen Sie Leistungsverbesserung und Kostenkontrolle in Einklang, da ein zu hohes Verhältnis zu Korngrenzendefekten oder erhöhter Elektrodenprödigkeit führen kann.

Anpassung der Partikelgröße: Die Partikelgröße des Additivs sollte mit der des Ceroxids übereinstimmen, um eine gleichmäßige Dotierung zu gewährleisten und eine Partikeltrennung zu vermeiden.

Lagerbedingungen: Additive sind empfindlich gegenüber Feuchtigkeit und Oxidation und sollten vermieden werden, wenn sie hoher Luftfeuchtigkeit ausgesetzt werden.

#### **Qualitätskontrolle:**

Die Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) wurde verwendet, um die Reinheit der Additive zu ermitteln und einen Verunreinigungsgehalt von unter 0,01 % zu gewährleisten.

Rasterelektronenmikroskopie (REM) und Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA) wurden verwendet, um die Verteilung der additiven Partikel zu analysieren, und die Gleichmäßigkeitsabweichung sollte auf  $\pm 0,05$  % kontrolliert werden.

Regelmäßige Kalibrierung der Prüfgeräte und Einrichtung eines Systems zur Ladungsrückverfolgbarkeit, um die Stabilität der Additivqualität zu gewährleisten.

#### **Vorschläge zur Optimierung:**

Wählen Sie hochreines Additiv ( $\geq 99,99$  %), um Verunreinigungen zu vermeiden.

Das Nassdotierungsverfahren wird verwendet, um durch Sprühtrocknung gleichmäßige Kompositpartikel zu bilden, wodurch die Gleichmäßigkeit der Additivverteilung verbessert wird.

Einrichtung eines Online-Überwachungssystems, um das Verhältnis der Additive in Echtzeit anzupassen und so die Konsistenz des Dopings zu gewährleisten.

Optimieren Sie das Lagermanagement, verwenden Sie Vakuumverpackungen und Trockenmittel, um die Stabilität des Additivs zu erhöhen.

Implementieren Sie ein Chargenqualitätsmanagement und erfassen Sie die Herkunft und Verarbeitung jeder Charge von Zusatzstoffen durch ein digitales Rückverfolgbarkeitssystem.

#### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Die Komposit-Dotierungstechnologie optimiert die Elektrodenleistung durch gleichzeitige Zugabe mehrerer Seltenerdoxide wie Lanthanoxid und Yttriumoxid, um die Lichtbogeninitiierungsleistung und die Stabilität bei hohen Temperaturen zu verbessern.

Die Entwicklung von nanoskaligen Additiven (Partikelgröße  $< 50$  nm) hat die Dotierungseffizienz und die Elektrodenleistung erheblich verbessert, so dass sie für hochpräzises Schweißen geeignet sind.

Bei der Herstellung umweltfreundlicher Additive, wie z. B. der Biosynthese, werden Mikroorganismen zur Synthese von Yttriumoxid oder Lanthanoxid verwendet, um die Emissionen chemischer Abfallflüssigkeiten zu reduzieren.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Das intelligente Dopingsystem optimiert den Anteil und die Verteilung von Additiven durch Algorithmen der künstlichen Intelligenz und verbessert so die Produktionseffizienz.

## 4.2 Pulvermetallurgischer Prozess der Cer-Wolfram-Elektrode

Die Pulvermetallurgie ist der Kernprozess der Herstellung von Cer-Wolfram-Elektroden, bei dem Rohpulver in drei Schritten in hochdichte, hochfeste Elektrodenrohlinge umgewandelt wird: Mischen und Dotieren, Pressformen und Hochtemperaturesintern. Das Prozessdesign und die Steuerung jedes Schritts wirken sich direkt auf die Mikrostruktur und Leistung der Elektrode aus.

### 4.2.1 Misch- und Dotierungsprozess

Der Misch- und Dotierungsprozess ist darauf ausgelegt, Wolframpulver, Ceroxid und andere Additive gleichmäßig zu mischen, um ein Verbundpulver zu bilden, das zum Pressen und Sintern geeignet ist. Eine gleichmäßige Dotierungsverteilung ist entscheidend für die Lichtbogeninitiierungsleistung, die Lichtbogenstabilität und die mechanische Festigkeit der Elektrode und ist ein Schlüsselglied zur Gewährleistung der Beständigkeit der Elektrodenleistung.

#### Mischprozess

Verfahrensprinzip: Das Gemisch wird durch mechanisches Rühren oder dreidimensionale Bewegung gleichmäßig verteilt, um Wolframpulver, Ceroxid und Additivpartikel gleichmäßig zu verteilen und so eine lokale Entmischung zu vermeiden. Die gleichmäßige Partikelverteilung trägt dazu bei, dass während des Sinterprozesses eine stabile Korngrenzstruktur gebildet wird, wodurch die elektrischen und mechanischen Eigenschaften der Elektrode optimiert werden. Der Mischprozess berücksichtigt die physikalischen Eigenschaften der Partikel (wie Dichte, Partikelgröße, Morphologie) und die chemische Stabilität, um die Gleichmäßigkeit und Fließfähigkeit des gemischten Pulvers zu gewährleisten.

#### Prozess:

Wolframpulver, Ceroxid und Additive werden in einer Mischanlage geladen, wie zB ein V-Mischer, ein 3D-Mischer oder ein Planetenmischer.

Der Mischprozess wird in einer sauberen Umgebung durchgeführt, die Umgebungsfeuchtigkeit muss unter 20 % kontrolliert werden und die Atmosphäre besteht aus hochreinem Stickstoff oder Argon (Reinheit  $\geq 99,999\%$ ), um eine Oxidation zu verhindern.

Nach dem Mischen wird das Pulver durch ein feines Sieb (200~400 Mesh) geleitet, um große Partikel oder Aggregate zu entfernen und die Gleichmäßigkeit zu gewährleisten.

#### Details zum Prozess:

Mischanlagen müssen verschleißfeste Materialien wie Edelstahl oder Keramik verwenden, um die Innenwände herzustellen und eine Kontamination zu vermeiden. Die Geschwindigkeit und die Flugbahn der Anlage müssen entsprechend den Eigenschaften des Pulvers optimiert werden, um die besten Mischergebnisse zu erzielen.

Die Mischzeit wird je nach Partikelgröße und Gerätetyp angepasst, in der Regel mehrere Stunden, um sicherzustellen, dass die Partikel gut dispergiert werden, ohne zu stark zu zermahlen.

Während des Mischprozesses müssen die Umgebungstemperatur und die Luftfeuchtigkeit

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

überwacht werden, um eine Feuchtigkeitsaufnahme oder Oxidation des Pulvers zu vermeiden.

#### **Einflussfaktoren:**

Mischzeit: Eine zu kurze Zeit kann zu einer ungleichmäßigen Verteilung der Partikel führen, was die Gleichmäßigkeit der Dotierung beeinträchtigt; Eine zu lange Zeit kann zu einer Partikelagglomeration führen und die Fließfähigkeit des Pulvers verringern.

Gerätetyp: Der 3D-Mischer bietet eine höhere Mischeffizienz durch mehrachsige Bewegung, was die Gleichmäßigkeit im Vergleich zum V-Mischer erheblich verbessert.

Pulverform: Sphärische Pulver bieten eine bessere Fließfähigkeit und tragen zu einer verbesserten Mischeffizienz und Sinterleistung bei. Unregelmäßige Partikel können zu lokaler Entmischung führen.

Umgebungsbedingungen: Hohe Luftfeuchtigkeit oder eine Atmosphäre mit geringer Reinheit können zur Oxidation des Pulvers führen, was die Mischqualität beeinträchtigt.

Qualitätskontrolle: Die Rasterelektronenmikroskopie (REM) wird zur Analyse der Partikelverteilung und die Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA) zur Feststellung der Gleichmäßigkeit der Komponenten eingesetzt. Die Gleichmäßigkeit des Gemisches muss mikroskopisch klein sein, um sicherzustellen, dass die Verteilung der Ceroxidpartikel klein ist. Eine regelmäßige Kalibrierung der Mischanlage und die Aufzeichnung der Mischparameter können helfen, die Prozessstabilität zu optimieren.

#### **Vorschläge zur Optimierung:**

Bevorzugen Sie die Verwendung von 3D-Mischern oder Planetenmischern, um die Mischeffizienz und Gleichmäßigkeit zu verbessern.

Zur Optimierung der Fließfähigkeit werden kugelförmige Pulver (z. B. durch Sprühtrocknung hergestellt) verwendet.

Es wurde ein Online-Überwachungssystem eingerichtet, um die Gleichmäßigkeit des Gemisches in Echtzeit durch Sensoren und Datenanalyse zu erfassen.

Optimieren Sie die Mischumgebung mit hochreinen Inertgasen und niedrigen Feuchtigkeitsbedingungen, um eine Pulverkontamination zu verhindern.

Implementieren Sie ein Chargenqualitätsmanagement und erfassen Sie die Parameter des Mischprozesses durch ein digitales Rückverfolgbarkeitssystem.

#### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Die ultraschallgestützte Mischtechnologie fördert die Partikeldispersion durch hochfrequente Vibrationen, verbessert die Gleichmäßigkeit erheblich und eignet sich daher für die Herstellung hochpräziser Elektroden.

Das intelligente Mischsystem analysiert die Verteilung der Partikel durch Algorithmen der künstlichen Intelligenz, passt die Drehzahl und die Mischzeit dynamisch an und verbessert die Effizienz.

Neue Mischanlagen, wie z. B. Wirbelschichtmischer, treiben die Partikelbewegung durch den Luftstrom an, um gleichmäßigere Mischergebnisse zu erzielen.

Der grüne Mischprozess erfüllt die Anforderungen der Nachhaltigkeit, indem er den

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

Energieverbrauch und die Abgasemissionen reduziert.

### **Gedopte Handwerkskunst**

#### **Nassdotierung:**

Verfahrensprinzip: Ceroxid und Additiv werden in einer Lösung (z. B. Salpetersäure oder Salzsäurelösung) gelöst, und durch Sprühtrocknung, die mit Wolframpulver vermischt wird, entstehen Kompositpartikel. Die Nassdotierung verbessert die Dispersion und Gleichmäßigkeit der Partikel durch Flüssigphasenmischung und trägt so zur Bildung einer stabilen Korngrenzstruktur bei.

Prozessablauf: Ceroxid und Additiv werden zu einer homogenen Lösung gelöst, und feine Partikel werden durch eine Sprühtrocknungsanlage gebildet, die dann mit Wolframpulver gemischt wird. Der Mischvorgang sollte in einer hochreinen Atmosphäre durchgeführt werden, um eine Oxidation zu verhindern.

Prozessdetails: Bei der Sprühtrocknung müssen die Düsenöffnung, die Vorschubgeschwindigkeit und die Trocknungstemperatur optimiert werden, um eine gleichmäßige Partikelbildung zu gewährleisten. Die Lösungskonzentration muss genau gesteuert werden, um eine Partikelaggregation zu vermeiden. Die Mischanlage muss mit einem hocheffizienten Mischsystem ausgestattet sein, um die gleichmäßige Verteilung von Kompositpartikeln und Wolframpulver zu gewährleisten.

#### **Doping nach der Trockenmethode:**

Verfahrensprinzip: Wolframpulver, Ceroxid und Additiv direkt trocken mischen und durch mechanisches Rühren eine Partikelverteilung realisieren. Das Trockendotierungsverfahren ist einfach und die Kosten sind niedriger, aber die Gleichmäßigkeit ist etwas geringer als die des Nassdopings.

Prozessablauf: Das Rohmaterial Pulver wird in die Mischanlage geladen und durch hochintensives Rühren gleichmäßig durchmischt. Nach dem Mischen wird das Pulver gesiebt, um Agglomerate zu entfernen.

Details zum Prozess: Das Trockenmischen erfordert den Einsatz hochpräziser Mischgeräte, um eine gleichmäßige Partikelverteilung zu gewährleisten. Während des Mischvorgangs ist es notwendig, die Drehzahl und die Zeit zu kontrollieren, um übermäßiges Mahlen und Partikelbruch zu vermeiden.

#### **Einflussfaktoren:**

Lösungskonzentration: Eine zu hohe Lösungskonzentration bei der Nassdotierung kann zu einer Partikelagglomeration führen, die die Gleichmäßigkeit beeinträchtigt.

Trocknungsbedingungen: Die Temperatur und die Luftströmungsgeschwindigkeit der Sprühtrocknung müssen optimiert werden, um gleichmäßige kugelförmige Partikel zu bilden.

Genauigkeit der Ausrüstung: Die Mischeffizienz und die Geschwindigkeitsregelung der Mischanlage beeinflussen die Gleichmäßigkeit der Dotierung.

Pulvereigenschaften: Die Dichte und Morphologie verschiedener Partikel kann zu einer ungleichmäßigen Dotierung führen, die durch eine Vorbehandlung optimiert werden muss.

Qualitätskontrolle: REM wird verwendet, um die Verteilung von dotierten Partikeln zu analysieren,

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

und RFA erkennt die Gleichmäßigkeit der Komponenten. Die Gleichmäßigkeit der Dotierung erfordert eine mikroskopische Analyse, um sicherzustellen, dass die Verteilung von Ceroxid und Additiven gering ist.

#### **Vorschläge zur Optimierung:**

Die Nassdotierung wird bevorzugt, um die Gleichmäßigkeit der Partikelverteilung zu verbessern. Optimieren Sie die Parameter der Sprühtrocknung, um die morphologische Regelmäßigkeit der Kompositpartikel zu gewährleisten.

Verwenden Sie hochpräzise Mischgeräte, um die Gleichmäßigkeit der Dotierung in Echtzeit zu überwachen.

Es wurde eine Datenbank mit Dopingparametern eingerichtet, um den Prozess durch Datenanalyse zu optimieren.

#### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Die nanoskalige Dotierungstechnologie verbessert die Dotierungseffizienz erheblich und optimiert die Elektrodenleistung durch den Einsatz von nanoskaligem Ceroxid und Additiven.

Das intelligente Dotierungssystem passt die Prozessparameter dynamisch an, indem es die Partikelverteilung und das Komponentenverhältnis in Echtzeit überwacht.

Neue Dotiergeräte, wie z. B. Ultraschall-Sprühtrockner, ermöglichen eine gleichmäßigere Partikelverteilung.

Das grüne Dopingverfahren reduziert die Umweltbelastung durch den Einsatz umweltfreundlicher Lösungsmittel und energiesparender Geräte.

#### **4.2.2 Pressformtechnik**

Das Pressformen ist ein wichtiger Bestandteil des pulvermetallurgischen Prozesses, bei dem das gemischte Pulver mit hohem Druck in einen Knüppel mit hoher Dichte umgewandelt wird, der die erste Struktur für das anschließende Sintern bildet.

#### **Pressvorgang**

Verfahrensprinzip: Durch das kaltisostatische Pressen (CIP) werden die Pulverpartikel durch gleichmäßigen hohen Druck zu einem Knüppel mit einer Dichte von ca. 50%~60% der theoretischen Dichte dicht verbunden. Der Pressprozess muss sicherstellen, dass der Knüppel rissfrei und geschichtet ist und eine gleichmäßige Dichte aufweist, um gute Anfangsbedingungen für das Sintern zu schaffen. Während des Pressvorgangs führen Reibung und plastische Verformung zwischen den Partikeln dazu, dass das Pulver eine dichte Struktur bildet, die die Dichte und mechanische Festigkeit der endgültigen Elektrode beeinträchtigt.

#### **Prozess:**

Das gemischte Pulver wird in eine hochelastische Gummiform geladen und in eine kaltisostatische Pressanlage gegeben.

Nach dem Anlegen eines hohen Drucks wird der Knüppel durch eine zerstörungsfreie Prüfung auf innere Fehler wie Risse oder Delamination untersucht.

Nach dem Pressen werden die Rohlinge in einer trockenen Umgebung gelagert, um eine

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

Feuchtigkeitsaufnahme oder Kontamination zu verhindern.

#### **Details zum Prozess:**

CIP-Geräte müssen mit hochpräzisen Drucksensoren und Vakuumsystemen ausgestattet sein, um sicherzustellen, dass der Druck gleichmäßig ausgeübt wird. Der Druckbereich ist für die Pulvereigenschaften optimiert, die nahezu im Bereich von Hunderten von Megapascal liegen.

Das Formmaterial muss hochelastisch sein (z. B. Silikonkautschuk oder Polyurethan), um hohen Druck standzuhalten und eine gleichmäßige Knüppelform zu gewährleisten.

Während des Pressvorgangs sollten die Umgebungsfeuchtigkeit (<20 %) und die Temperatur (<25 °C) kontrolliert werden, um zu verhindern, dass das Pulver Feuchtigkeit aufnimmt.

#### **Einflussfaktoren:**

**Druckgröße:** Geeigneter Druck kann die Dichte des Knüppels erhöhen, ein zu hoher Druck kann zu Formrissen oder Partikelbrüchen führen, und ein zu niedrigerer Druck kann zu einer unzureichenden Dichte führen.

**Fließfähigkeit des Pulvers:** Sphärische Pulver bieten eine höhere Fließfähigkeit, was die Presseffizienz verbessert und interne Defekte reduziert.

**Formdesign:** Die Form und Elastizität der Form wirken sich direkt auf die Formqualität des Knüppels aus und müssen entsprechend der Elektrodengröße optimiert werden.

**Pulvereigenschaften:** Die Partikelgrößenverteilung und die Morphologie der Partikel beeinflussen die Partikelumlagerung und die Bindungseffizienz während des Pressprozesses.

**Qualitätskontrolle:** Die zerstörungsfreie Röntgenprüfung (NDT) wird verwendet, um Knüppel auf interne Fehler zu prüfen, und Dichtemessgeräte messen die Knüppeldichte, um die Gleichmäßigkeit zu gewährleisten. Die mikroskopische Analyse wird verwendet, um die Partikelbindung zu beurteilen und die strukturelle Stabilität des Knüppels sicherzustellen.

#### **Vorschläge zur Optimierung:**

Optimieren Sie den Druck und die Rückhaltezeit, um die Knüppeldichte und die Lebensdauer der Matrize auszugleichen.

Verwenden Sie automatisierte CIP-Anlagen, um die Konsistenz des Pressens und die Produktionseffizienz zu verbessern.

Es wird kugelförmiges Pulver verwendet, um die Presseffizienz und die Knüppelqualität zu verbessern.

Es wurde eine Datenbank mit Pressparametern eingerichtet, um den Prozess durch Datenanalyse zu optimieren.

Implementieren Sie ein Online-Überwachungssystem, um die Druckverteilung und die Knüppelqualität in Echtzeit zu erkennen.

#### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Das heißisostatische Pressen (HIP) erhöht die Knüppeldichte durch die Kombination hoher Temperaturen und Drücke weiter und eignet sich daher für die Herstellung von Hochleistungselektroden.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Das intelligente Presssystem passt die Prozessparameter dynamisch an, indem es die Druck- und Dichteverteilung in Echtzeit überwacht.

Neue Pressanlagen, wie z. B. Hochfrequenz-Vibrationspressen, können die Effizienz der Partikelumlagerung verbessern und interne Defekte reduzieren.

Das grüne Pressverfahren reduziert die Umweltauswirkungen des Produktionsprozesses, indem es das Anlagendesign und das Energieverbrauchsmanagement optimiert.

#### 4.2.3 Sinterprozess (Hochtemperaturesintern und Atmosphärenkontrolle)

Das Sintern ist ein wichtiger Schritt bei der Umwandlung von gepressten Knüppeln in Elektroden mit hoher Dichte, und die Partikel werden durch Hochtemperaturbehandlung zu einer dichten Struktur kombiniert, die das Kernglied des pulvermetallurgischen Prozesses darstellt.

##### Hochtemperatur-Sintern

Verfahrensprinzip: Bei hohen Temperaturen (2000 ~ 2200 °C) verbinden sich Wolframpulverpartikel durch Oberflächendiffusion, Volumendiffusion und Korngrenzdiffusion, und Ceroxidpartikel werden an den Korngrenzen verteilt, um ein stabiles Gefüge zu bilden. Der Sinterprozess erfordert die Kontrolle von Temperatur, Zeit und Atmosphäre, um eine gleichmäßige Partikelbindung zu gewährleisten und gleichzeitig eine Ceroxidverflüchtigung oder große Körner zu vermeiden. Die gesinterte Elektrode muss eine hohe Dichte und eine ausgezeichnete mechanische Festigkeit aufweisen, um die Schweißanforderungen zu erfüllen.

##### Prozess:

Der gepresste Knüppel wird in einen Hochtemperatur-Sinterofen (z. B. einen Molybdänofen oder Wolframofen) gelegt und unter Schutzatmosphäre auf die Zieltemperatur erhitzt.

Halten Sie es für eine gewisse Zeit bei hohen Temperaturen warm, um die Partikelbindung zu fördern, gefolgt von langsamer Abkühlung, um thermische Belastung zu vermeiden.

Nach dem Sintern untersuchen die Elektroden die Korngröße und -struktur durch mikroskopische Analyse, um eine gleichbleibende Leistung zu gewährleisten.

##### Details zum Prozess:

Der Sinterofen muss mit einem hochpräzisen Temperiersystem ausgestattet sein, um eine gleichmäßige Temperatur zu gewährleisten (Abweichung  $<\pm 10^{\circ}\text{C}$ ). Heizelemente wie Molybdän oder Wolfram müssen hohen Temperaturen standhalten und Verunreinigungen vermeiden.

Die Haltezeit wird basierend auf der Knüppelgröße und den Pulvereigenschaften optimiert, in der Regel mehrere Stunden, um sicherzustellen, dass die Partikel vollständig verbunden sind.

Der Kühlprozess wird in einer inerten Atmosphäre durchgeführt, um eine Oxidation der Elektrodenoberfläche zu verhindern.

##### Einflussfaktoren:

Sintertemperatur: Zu hohe Temperaturen können zu einer zu hohen Korngröße führen und die mechanische Festigkeit der Elektrode verringern. Eine zu niedrige Temperatur kann zu einer unzureichenden Partikelbindung führen, was auf die Dichte auswirkt.

Haltezeit: Es ist notwendig, die Bindung von Partikeln und die Verflüchtigung von Ceroxid

##### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

auszugleichen, was zu einem zu langen Verlust von dotierten Materialien führen kann.

Pulvereigenschaften: Die feine Partikelgröße und das gleichmäßig verteilte Pulver verbessern die Sintereffizienz.

Atmosphäre im Ofen: Die Reinheit der Atmosphäre und der Taupunkt wirken sich direkt auf die Sinterqualität aus und müssen streng kontrolliert werden.

Qualitätskontrolle: Die Rasterelektronenmikroskopie (REM) wird verwendet, um die Korngröße und die Partikelverteilung zu analysieren, und die Röntgenbeugung (XRD) wird verwendet, um Kristallstrukturen zu untersuchen, um sicherzustellen, dass keine Phasenübergänge oder Defekte auftreten. Dichtemessgeräte messen die Dichte der gesinterten Elektroden und sorgen so für nahezu theoretische Werte.

### **Vorschläge zur Optimierung:**

Optimieren Sie die Sinter Temperatur und die Haltezeit und gleichen Sie Dichte und Korngröße aus. Es werden hochpräzise Temperiergeräte verwendet, um eine gleichmäßige Temperatur im Ofen zu gewährleisten.

Es wurde eine Datenbank mit Sinterparametern eingerichtet, um den Prozess durch Datenanalyse zu optimieren.

Implementieren Sie ein Online-Überwachungssystem, um Temperatur und atmosphärische Bedingungen in Echtzeit zu erfassen.

### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Beim Plasmasintern (SPS) werden gepulster Strom und hohe Spannung verwendet, um schnell zu sintern, um die Zeit zu verkürzen und die Dichte zu erhöhen, wodurch es für die Herstellung von Hochleistungselektroden geeignet ist.

Das intelligente Sintersystem passt die Prozessparameter dynamisch an, indem es die Temperatur und Atmosphäre in Echtzeit überwacht.

Neue Sinteranlagen, wie z. B. Mikrowellen-Sinteröfen, ermöglichen eine gleichmäßigere Erwärmung und verringern das Risiko von Überkorn.

Das grüne Sinterverfahren reduziert die Umweltbelastung, indem es den Energieverbrauch und die Abgasnachbehandlung optimiert.

### **Kontrolle der Atmosphäre**

#### **Wasserstoff-Schutz:**

Verfahrensprinzip: Hochreiner dient als reduzierende Atmosphäre, um das Oxidieren von Wolframpulver und Ceroxid bei hohen Temperaturen zu verhindern und so die chemische Wasserstoffstabilität der Elektrode zu gewährleisten.

Prozessdetails: Die Reinheit des Wasserstoffs muss mehr als 99,999 % erreichen und der Taupunkt muss unter -40 °C liegen, um Feuchtigkeits- oder Sauerstoffverschmutzung zu vermeiden. Der Wasserstoffdurchfluss muss je nach Ofengröße und Knüppelvolumen optimiert werden, um eine gleichmäßige Atmosphäre zu gewährleisten.

Einflussfaktoren: Die Stabilität der Wasserstoffreinheit und der Durchflussrate wirken sich direkt auf die Sinterqualität aus, und die Atmosphäre mit geringerer Reinheit kann zur Oxidbildung führen.

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

## CTIA GROUP LTD

### Cerium Tungsten Electrode Introduction

#### 1. Overview of Cerium Tungsten Electrode

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO<sub>2</sub>). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

#### 2. Features of Cerium Tungsten Electrode

**Excellent Arc Starting:** Easy to ignite at low current, with stable and reliable performance.

**Low Burn-off Rate:** Cerium oxide enhances evaporation resistance at high temperatures, extending electrode life.

**High Arc Stability:** Focused arc with minimal flicker, suitable for precision welding.

**Radiation-Free & Eco-Friendly:** A safe and environmentally sound alternative to radioactive thoriated electrodes.

#### 3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode

Type	CeO <sub>2</sub> Content	Color Code	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

#### 4. Applications of Cerium Tungsten Electrode

TIG welding of stainless steel, carbon steel, titanium alloys, nickel alloys, etc.

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

Low-current plasma arc cutting and high-frequency ignition systems

#### 5. Procurement Information

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: [www.tungsten.com.cn](http://www.tungsten.com.cn)

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Copyright© 2025 CTIA All Rights Reserved  
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2025 version  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

Tel: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2025V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

### **Vakuum-Sintern:**

Verfahrensprinzip: Die Vakuumumgebung reduziert die Verflüchtigung von Ceroxid durch die Reduzierung des Sauerstoffgehalts, was für eine hochpräzise Elektrodenherstellung geeignet ist. Das Vakuumsintern führt zu feineren Körnern und einer verbesserten Elektrodenleistung.

Prozessdetails: Das Vakuumniveau muss unter  $10^{-3}$  Pa gehalten werden, und das Pumpensystem muss effizient sein, um eine Niederdruckumgebung aufrechtzuerhalten. Der Vakuumofen muss mit einem hochpräzisen Drucksensor ausgestattet sein, um ein stabiles Vakuumniveau zu gewährleisten.

Einflussfaktoren: Die Stabilität des Vakuumgrades und der Restgasgehalt im Ofen beeinflussen die Sinterqualität und müssen streng kontrolliert werden.

### **Vorschläge zur Optimierung:**

In Kombination mit Wasserstoffschutz und Vakuumsintern verbessert die optimierte Atmosphärenregelung die Elektrodenleistung.

Verwenden Sie einen Gasanalysator, um die Reinheit der Atmosphäre und den Taupunkt in Echtzeit zu überwachen, um eine stabile Sinterumgebung zu gewährleisten.

Optimieren Sie das Ofendesign und verbessern Sie die Effizienz der Atmosphärenzirkulation.

Es wurde eine Datenbank zur Atmosphärenkontrolle eingerichtet, um die Sinterbedingungen durch Datenanalyse zu optimieren.

### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Die Mixed-Atmosphäre-Sintertechnologie optimiert das Sintern und reduziert Ceroxid-Verluste durch die Kombination von Wasserstoff und Argon.

Das intelligente Atmosphärenkontrollsystem passt die Atmosphärenparameter in Echtzeit durch Sensoren und Algorithmen der künstlichen Intelligenz an.

Neue Vakuum-Sinteranlagen, wie z. B. Ultrahochvakuumöfen, können die Sinterqualität weiter verbessern.

Das Verfahren zur Regelung der grünen Atmosphäre reduziert die Umweltbelastung durch die Rückgewinnung von Abgasen und die Optimierung des Energieverbrauchs.

## **4.3 Anschließende Verarbeitungstechnologie der Cer-Wolfram-Elektrode**

Zu den nachfolgenden Verarbeitungstechniken gehören Kalandrieren und Ziehen, Schleifen und Oberflächenbehandlung, Schneiden und Formen und sind darauf ausgelegt, gesinterte Knüppel zu Elektroden zu verarbeiten, die den Standardabmessungen und der Qualität der Oberflächen entsprechen. Diese Prozesse sind entscheidend für die geometrische Genauigkeit, die Oberflächengüte und die Leistungskonstanz der Elektroden.

### **4.3.1 Kalandrier- und Ziehprozess**

#### **Kalandrierungsprozess**

Verfahrensprinzip: Beim Heißkalandrieren formt sich der gesinterte Knüppel durch hohe Temperatur und mechanische Kraft in Stäbe mit kleinerem Durchmesser, wodurch die Dichte und die mechanische Festigkeit verbessert werden. Der Kalandrierungsprozess optimiert die Kornstruktur des Knüppels durch mehrere Verformungsdurchgänge weiter und verbessert so die Zähigkeit und die elektrischen Eigenschaften der Elektrode.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Prozess:

Der gesinterte Knüppel wird in einem heißen Kalandrierer auf eine hohe Temperatur erhitzt und dann durch mehrere Kalandrierungsdurchgänge zu einem Stab geformt.

Nach dem Kalandrieren wird der Stab auf der Oberfläche auf Risse oder Defekte geprüft, anschließend abgekühlt und gelagert.

#### **Details zum Prozess:**

Kalandrierwalzen müssen Materialien mit hoher Härte (wie Hartmetall oder Keramik) verwenden, um Verschleißfestigkeit und Präzision zu gewährleisten.

Der Kalandrierungsprozess findet in einer Schutzatmosphäre (z. B. Wasserstoff oder Argon) statt, um eine Oberflächenoxidation zu verhindern.

Das Ausmaß der Verformung in jedem Durchgang sollte in einem angemessenen Bereich kontrolliert werden, um Risse zu vermeiden, die durch Spannungskonzentration verursacht werden.

#### **Einflussfaktoren:**

Kalandrierungstemperatur: Es ist notwendig, die Verformungseffizienz und die Oberflächenqualität auszugleichen, eine zu hohe Temperatur kann zur Oxidation führen, und eine zu niedrige Temperatur kann zu Rissen führen.

Verformung: Eine mäßige Verformung kann die Stängendichte verbessern, und eine übermäßige Verformung kann zu internen Defekten führen.

Walzendesign: Die Form und Oberflächenbeschaffenheit der Walzen beeinflussen die geometrische Genauigkeit der Stange.

Knüppel Eigenschaften: Die Dichte und Mikrostruktur des Knüppels beeinflussen den Kalandrierungseffekt.

Qualitätskontrolle: Oberflächeninspektionsgeräte wie Laser-Entfernungsmesser werden verwendet, um die Größe und Oberflächenqualität der Stäbe zu überprüfen, und die mikroskopische Analyse die Kornstruktur zu bewerten. Dichtemessgeräte messen die Stängendichte, um sicherzustellen, dass sie nahe an den theoretischen Werten liegen.

#### **Vorschläge zur Optimierung:**

Optimieren Sie die Kalandrierungstemperatur und -verformung, um Effizienz und Qualität in Einklang zu bringen.

Automatisierte Kalandrieranlagen werden eingesetzt, um die Maßgenauigkeit und Produktionseffizienz zu verbessern.

Es verwendet ein hochpräzises Rollendesign, um die Oberflächengüte der Stange zu gewährleisten.

Es wurde eine Datenbank mit Kalandrierungsparametern eingerichtet, um den Prozess durch Datenanalyse zu optimieren.

#### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Die Präzisionskalandrierungstechnologie verbessert die Stangenqualität durch hochpräzise Walzen und automatisierte Steuerung.

Das intelligente Kalandrierungssystem passt die Prozessparameter dynamisch an, indem es den

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

Verformungsbetrag und die Temperatur in Echtzeit überwacht.

Neue Kalandrierungsanlagen, wie z. B. Mehrwalzen-Endloskalandrierer, ermöglichen eine höhere Effizienz und Präzision.

Der grüne Kalandrierungsprozess reduziert die Umweltbelastung, indem er den Energieverbrauch und die Abgasnachbehandlung optimiert.

### **Ablauf des Ziehens**

Verfahrensprinzip: Beim Warmziehen wird der kalandrierte Stab durch eine Form gestreckt, um eine Elektrode mit Standarddurchmesser zu bilden. Der Ziehprozess optimiert die Oberflächenqualität und die geometrische Genauigkeit des Stabes durch mehrfache Verformung und verbessert so die elektrischen Eigenschaften und die Haltbarkeit der Elektroden.

Prozess:

Der kalandrierte Stab wird in einem Heizofen auf hohe Temperaturen erhitzt und anschließend durch eine Form gezogen, um eine Elektrode zu bilden.

Nach dem Ziehen wird die Elektrode oberflächeninspiziert, um sicherzustellen, dass keine Kratzer oder Defekte vorhanden sind, dann abgekühlt und gelagert.

### **Details zum Prozess:**

Ziehsteine müssen Materialien mit hoher Härte (wie Diamant oder Hartmetall) verwenden, um Verschleißfestigkeit und Präzision zu gewährleisten.

Schmiermittel (wie z. B. Graphitemulsion oder Schmiermittel auf Ölbasis) werden während des Ziehprozesses verwendet, um die Reibung zu verringern und die Elektrodenoberfläche zu schützen.

Die Auszugsgeschwindigkeit und die Temperatur müssen optimiert werden, um die Größe und Oberflächenqualität der Elektroden zu gewährleisten.

### **Einflussfaktoren:**

Auszugstemperatur: Gleichen Sie die Verformungseffizienz mit der Oberflächenqualität aus, da zu hohe Temperaturen zu Oberflächenfehlern führen können.

Formendesign: Die Öffnung und die Oberflächenbeschaffenheit der Form beeinflussen die geometrische Genauigkeit der Elektrode.

Auswahl des Schmierstoffs: Die Viskosität und Gleichmäßigkeit des Schmierstoffs beeinflussen den Zieheffekt.

Stabeigenschaften: Die Dichte und Mikrostruktur des Stabes beeinflussen das Verformungsverhalten beim Ziehen.

Qualitätskontrolle: Laser-Entfernungsmesser werden verwendet, um den Elektrodendurchmesser und die Oberflächenqualität zu erfassen, und die mikroskopische Analyse bewertet die Kornstruktur.

Oberflächenrauheitsmessgeräte messen die Oberflächengüte von Elektroden, um die Einhaltung der Anforderungen sicherzustellen.

### **Vorschläge zur Optimierung:**

Verwenden Sie hochpräzise Ziehformen, um eine gleichmäßige Elektrodenabmessung zu gewährleisten.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Optimieren Sie die Schmierstoffformulierung, um Oberflächenfehler zu reduzieren.

Verwenden Sie automatisierte Zugvorrichtungen, um die Produktionseffizienz und -qualität zu verbessern.

Es wurde eine Datenbank mit Auszugsparametern eingerichtet, um den Prozess durch Datenanalyse zu optimieren.

#### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Die Mikroziehtechnologie erzeugt ultrafeine Elektroden durch hochpräzise Formen, wodurch sie für Präzisionsanforderungsschweißen geeignet sind.

Das intelligente Zugsystem passt die Prozessparameter dynamisch an, indem es die Zugkraft und die Temperatur in Echtzeit überwacht.

Neue Ziehmaschinen, wie z. B. kontinuierliche Ziehmaschinen, ermöglichen eine höhere Effizienz und Präzision.

Das umweltfreundliche Ziehverfahren reduziert die Umweltbelastung durch die Verwendung umweltfreundlicher Schmierstoffe und die Optimierung des Energieverbrauchs.

#### **4.3.2 Schleifen und Polieren und Oberflächenbehandlung**

##### **Schleif- und Polierprozess**

Verfahrensprinzip: Schleifen und Polieren bilden den Kegelwinkel der Elektrodenspitze (normalerweise  $30^{\circ}$ ~ $60^{\circ}$ ) durch die Bearbeitung, wodurch die Lichtbogeninitiierungsleistung und die Lichtbogenstabilität verbessert werden. Der Schleif- und Polierprozess optimiert die Oberflächengüte der Elektrode und reduziert den Einfluss von Oberflächenfehlern auf den Lichtbogen.

##### **Prozess:**

Die Elektrode wird mit einer Diamantschleifscheibe geschliffen, um den gewünschten Kegelwinkel zu erzeugen.

Die Elektrodenoberfläche wird dann mit Poliergeräten behandelt, um das Finish zu verbessern.

Nach dem Schleifen wird die Elektrode mikroskopisch auf Kegelwinkel und Oberflächengüte untersucht.

##### **Details zum Prozess:**

Das Schleifen erfolgt in einem Kühlmittel (auf Wasser- oder Ölbasis), um eine thermische Rissbildung zu verhindern. Das Kühlmittel muss auf einer niedrigen Temperatur ( $<30^{\circ}\text{C}$ ) gehalten werden, um thermische Effekte zu vermeiden.

Poliergeräte müssen mit einem hochpräzisen Winkelsteuerungssystem ausgestattet sein, um die Konsistenz des Kegelwinkels zu gewährleisten.

Die Partikelgröße der Schleifscheibe muss entsprechend der Elektrodengröße und den Oberflächenanforderungen ausgewählt werden, normalerweise 200 ~ 400 Mesh.

##### **Einflussfaktoren:**

Körnung der Räder: Eine zu grobe Scheibe kann zu einer rauen Oberfläche führen, während eine zu feine Scheibe die Effizienz verringern kann.

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

Schleifgeschwindigkeit: Vermeiden Sie thermische Schäden oder Oberflächendefekte, die durch zu hohe Drehzahl verursacht werden.

Auswahl des Kühlschmierstoffs: Die Viskosität und Wärmeleitfähigkeit des Kühlmittels beeinflussen die Schleifwirkung.

Elektrodenmaterial: Die Härte und Mikrostruktur der Elektrode beeinflussen die Schleifschwierigkeit.

Qualitätskontrolle: Es werden Mikroskope verwendet, um den Kegelwinkel und die Oberflächenqualität zu überprüfen, und Oberflächenrauheitsmessgeräte messen die Oberfläche. Die zerstörungsfreie Prüfung bewertet die innere Struktur der Elektrode, um sicherzustellen, dass keine Risse entstehen.

### **Vorschläge zur Optimierung:**

Automatisierte Schleif- und Poliergeräte werden eingesetzt, um die Konsistenz des Kegelwinkels und die Oberflächengüte zu verbessern.

Optimieren Sie Kühlmittelformulierungen, um thermische Effekte und Umweltverschmutzung zu reduzieren.

Bauen Sie eine Datenbank mit Schleif- und Polierparametern auf und optimieren Sie den Prozess durch Datenanalyse.

Zur Sicherstellung der Schleifqualität wird eine hochpräzise Schleifscheibe eingesetzt.

### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Die Präzisionsschleif- und Poliertechnologie verbessert die Oberflächenqualität der Elektroden durch hochpräzise Geräte.

Das intelligente Schleif- und Poliersystem passt die Prozessparameter dynamisch an, indem es die Schleifkraft und den Schleifwinkel in Echtzeit überwacht.

Neue Schleif- und Polieranlagen, wie z. B. lasergestützte Schleifmaschinen, ermöglichen eine höhere Präzision und Effizienz.

Der grüne Schleif- und Polierprozess reduziert die Umweltbelastung durch den Einsatz umweltfreundlicher Kühlmittel und die Optimierung des Energieverbrauchs.

### **Oberflächenbehandlung**

#### **Beizen:**

Verfahrensprinzip: Verwenden Sie Säure (z. B. Salpetersäure-Flusssäure-Gemisch), um die Oxidschicht auf der Elektrodenoberfläche zu entfernen, um die Oberflächenqualität und die elektrischen Eigenschaften zu verbessern.

Prozessablauf: Die Elektrode wird zur Behandlung in saure Lösung getaucht, anschließend gewaschen und getrocknet.

Prozessdetails: Das Säure-Flüssig-Verhältnis und die Verarbeitungszeit müssen genau gesteuert werden, um übermäßige Korrosion zu vermeiden. Bei der Reinigung sollte deionisiertes Wasser verwendet werden, um eine Sekundärverschmutzung zu vermeiden.

### **Beschichtung:**

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

Verfahrensprinzip: Auftragen von Beschichtungen mit hoher Härte oder Korrosionsschutz (wie TiN oder ZrO<sub>2</sub>), um die Haltbarkeit und Korrosionsbeständigkeit der Elektrode zu verbessern.

Prozessablauf: Durch physikalische Gasphasenabscheidung (PVD) oder chemische Gasphasenabscheidung (CVD) wird eine dünne Schicht aufgetragen, und die Dicke wird auf Mikrometerebene gesteuert.

Prozessdetails: Die Beschichtung muss gleichmäßig und fehlerfrei sein, und der Abscheidungsprozess muss in einer Hochvakuumumgebung durchgeführt werden.

#### **Einflussfaktoren :**

Säureverhältnis: Gleichen Sie die Reinigungswirkung und den Schutz der Elektrodenoberfläche aus.

Beschichtungsmaterial: Die Härte und chemische Stabilität des Beschichtungsmaterials beeinflussen die Leistung der Elektrode.

Abscheidungsbedingungen: Die Abscheidungstemperatur und das Vakuumniveau beeinflussen die Beschichtungsqualität.

#### **Vorschläge zur Optimierung:**

Wählen Sie eine umweltfreundliche Beizlösung, um den Austrag von Abfallflüssigkeiten zu reduzieren.

Entwicklung neuer Beschichtungsmaterialien zur Verbesserung der Elektrodenleistung.

Es werden automatisierte Beschichtungsanlagen verwendet, um die Gleichmäßigkeit der Beschichtung zu gewährleisten.

Aufbau einer Datenbank mit Parametern der Oberflächenbehandlung und Optimierung des Prozesses.

#### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Die nanoskalige Beschichtungstechnologie verbessert die Lebensdauer der Elektroden erheblich, indem sie nanoskalige dünne Schichten abscheidet.

Das intelligente Oberflächenbehandlungssystem passt die Prozessparameter dynamisch an, wodurch die Schichtdicke und -qualität in Echtzeit überwacht wird.

Neue Beschichtungsanlagen, wie z. B. plasmagestütztes CVD, ermöglichen eine höhere Präzision und Effizienz.

Das Verfahren der umweltfreundlichen Oberflächenbehandlung reduziert die Umweltbelastung durch die Verwendung umweltfreundlicher Materialien und die Optimierung des Energieverbrauchs.

### **4.3.3 Schneiden und Formen**

#### **Prozess des Schneidens**

Verfahrensprinzip: Der gezogene Stab wird durch Laserschneiden oder Drahtschneiden in Standardlängen (75~600 mm) geschnitten, um die geometrische Genauigkeit und Endflächenqualität der Elektrode zu gewährleisten. Durch den Schneidprozess werden Wärmeeinflusszonen und Oberflächenfehler vermieden.

Prozess:

Die gezogene Stange wird mit hochpräzisen Schneidanlagen wie Laserschneidmaschinen oder Drahterodiermaschinen auf vorgegebene Längen geschnitten.

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

Nach dem Schneiden wird die Elektrode auf ihre Oberfläche geprüft, um sicherzustellen, dass die Stirnfläche flach und frei von Graten oder Rissen ist.

#### **Details zum Prozess:**

Das Laserschneiden erfordert eine optimierte Leistung und Geschwindigkeit, um die Gesichtsqualität zu gewährleisten. Das Drahterodieren muss die Parameter für den Elektrodenabstand und die Entladung steuern.

Der Schneidvorgang sollte in einem Kühlmittel oder einer Schutzatmosphäre durchgeführt werden, um thermische Schäden zu vermeiden.

#### **Einflussfaktoren:**

Schneidleistung: Effizienz und Planqualität müssen in Einklang gebracht werden, da eine zu hohe Leistung zu Wärmeeinflusszonen führen kann.

Schnittgeschwindigkeit: Vermeiden Sie Genauigkeitsverluste durch zu hohe Drehzahlen.

Elektrodenmaterial: Die Härte und Mikrostruktur der Elektrode beeinflussen die Schneidschwierigkeit.

Qualitätskontrolle: Laser-Entfernungsmesser werden verwendet, um die Elektrodenlänge und die Ebenheit der Fläche zu erfassen, und die Oberflächenqualität wird unter einem Mikroskop überprüft. NDT bewertet die innere Struktur, um sicherzustellen, dass keine Risse entstehen.

#### **Vorschläge zur Optimierung:**

Verwenden Sie hochpräzise Laserschneidergeräte, um die Qualität der Endfläche zu verbessern.

Optimierte Schnittparameter zur Reduzierung von Wärmeeinflusszonen.

Automatische Schneidegeräte werden eingesetzt, um die Produktionseffizienz zu verbessern.

Richten Sie eine Datenbank mit Schnittparametern ein und optimieren Sie den Prozess durch Datenanalyse.

#### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Die ultrapräzise Schneidtechnologie verbessert die Planheit der Stirnfläche durch hochpräzises Laser- oder Drahtschneiden.

Das intelligente Schneidsystem passt die Prozessparameter dynamisch an, wodurch die Schneidkraft und -geschwindigkeit in Echtzeit überwacht wird.

Neue Schneidgeräte, wie z. B. Femtosekunden-Laserschneider, ermöglichen eine höhere Präzision und Effizienz.

Der Green-Cutting-Prozess reduziert die Umweltbelastung, indem er den Energieverbrauch und die Abfallentsorgung optimiert.

#### **Formgebungsprozess**

Verfahrensprinzip: Korrigiert die Geradheit der Elektrode durch eine spezielle Vorrichtung, um die geometrische Genauigkeit während des Schweißprozesses zu gewährleisten. Durch den Formgebungsprozess wird die Formstabilität der Elektrode optimiert und der Lichtbogensatz reduziert.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

### **Prozess:**

Nach dem Schneiden wird die Elektrode durch hydraulische oder mechanische Klemmen auf Geradheit korrigiert.

Nach der Formgebung wird die Elektrode von einem Laser-Entfernungsmesser erfasst, um die Einhaltung der Anforderungen sicherzustellen.

### **Details zum Prozess:**

Die Vorrichtung muss mit hoher Präzision konstruiert werden, um den Korrektoreffekt zu gewährleisten. Das Vorrichtungsmaterial muss stark und verschleißfest sein.

Der Formgebungsprozess sollte in einer sauberen Umgebung durchgeführt werden, um eine Kontamination zu vermeiden.

### **Einflussfaktoren:**

Vorrichtungsdesign: Die Genauigkeit und Steifigkeit der Vorrichtung beeinflussen den Korrektoreffekt.

Elektrodenmaterial: Die Härte und Duktilität der Elektrode beeinflussen die Schwierigkeit der Formgebung.

Korrekturkraft: Durch zu hohe Beanspruchung soll eine Verformung oder Rissbildung der Elektrode vermieden werden.

Qualitätskontrolle: Laser-Entfernungsmesser werden verwendet, um Geradheit zu erkennen, und Mikroskope überprüfen die Oberflächenqualität. NDT bewertet die interne Struktur, um sicherzustellen, dass sie fehlerfrei ist.

### **Vorschläge zur Optimierung:**

Verwenden Sie automatisierte Formgebungsgeräte, um die Effizienz und Genauigkeit der Korrektur zu verbessern.

Optimieren Sie das Vorrichtungsdesign, um eine gleichmäßige Korrektur zu gewährleisten.

Es wurde eine Datenbank mit Stereotypparametern eingerichtet, um den Prozess durch Datenanalyse zu optimieren.

### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Die Präzisionsformtechnologie verbessert die Korrekturgenauigkeit durch hochpräzise Vorrichtungen automatisiert und Steuerungen.

Das intelligente Formgebungssystem passt die Prozessparameter dynamisch an, indem es die Korrekturkraft und Geradheit in Echtzeit überwacht.

Neue Formvorrichtungen, wie z. B. elektromagnetische Setzmaschinen, ermöglichen eine höhere Effizienz und Präzision.

Der Green Shaping-Prozess reduziert die Umweltbelastung durch die Optimierung des Energieverbrauchs und der Abfallentsorgung.

## **4.4 Qualitätskontrolle und Prozessoptimierung von Cer-Wolfram-Elektroden**

### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Qualitätskontrolle und Prozessoptimierung sind Schlüsselaspekte, um die Konsistenz und Zuverlässigkeit der Leistung der Cer-Wolfram-Elektrode zu gewährleisten, einschließlich der Kontrolle der Gleichmäßigkeit der Zusammensetzung, der Mikrostrukturanalyse und der Optimierung der Prozessparameter. Jedes Glied muss getestet und optimiert werden, um sicherzustellen, dass die Elektrode den Anforderungen des Hochleistungsschweißens entspricht.

#### **4.4.1 Kontrolle der Gleichmäßigkeit der Zusammensetzung**

Verfahrensprinzip: Die Gleichmäßigkeit der Zusammensetzung wirkt sich direkt auf die Korngrenzenverteilung von Ceroxid in der Wolframmatrix aus, was sich wiederum auf die Lichtbogeninitiierungsleistung, die Lichtbogenstabilität und die mechanische Festigkeit der Elektrode auswirkt. Durch die gleichmäßige Dotierungsverteilung entsteht eine stabile Korngrenzstruktur, wodurch die elektrischen und thermischen Eigenschaften der Elektrode optimiert werden. Eine ungleichmäßige Zusammensetzung kann zu lokalen Leistungsschwankungen führen, die die Schweißqualität beeinträchtigen.

#### **Methode der Steuerung:**

Die Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA) wird verwendet, um die Verteilung der Komponenten zu ermitteln und einen gleichmäßigen Gehalt an Ceroxid und anderen Additiven zu gewährleisten. Die Rasterelektronenmikroskopie (REM) analysiert die Partikelverteilung und bewertet die Gleichmäßigkeit der Dotierung.

Nassdotierung und 3D-Mischtechniken verbessern die Gleichmäßigkeit der Zusammensetzung durch Flüssigphasenmischung und mehrachsige Bewegung.

#### **Details zum Prozess:**

Die Mischanlage muss mit hoher Präzision konstruiert werden, um eine gleichmäßige Verteilung der Partikel zu gewährleisten. Der Mischvorgang sollte in einer hochreinen Atmosphäre durchgeführt werden, um eine Oxidation zu verhindern.

Das Online-Monitoring-System erkennt durch Sensoren und Datenanalyse in Echtzeit die Verteilung der Zutaten und passt die Mischparameter dynamisch an.

Der Dotierungsprozess erfordert die Optimierung der Lösungskonzentration und der Sprühtrocknungsparameter, um die Gleichmäßigkeit der Kompositpartikel zu gewährleisten.

#### **Einflussfaktoren:**

Mischprozess: Der dreidimensionale Mischer verbessert die Gleichmäßigkeit durch mehrachsige Bewegung, was besser ist als bei herkömmlichen V-Mischern.

Dopingmethode: Die Nassdotierung erreicht eine höhere Gleichmäßigkeit durch Flüssigphasenmischung, geeignet für hochpräzise Elektroden.

Pulvereigenschaften: Die Partikelgröße und die Morphologie der Partikel beeinflussen die Gleichmäßigkeit der Dotierung und müssen durch Vorbehandlung optimiert werden.

Sinterbedingungen: Die Sintertemperatur und die Atmosphäre beeinflussen die Partikelverteilung und müssen streng kontrolliert werden, um eine Entmischung zu vermeiden.

#### **Vorschläge zur Optimierung:**

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

Nassdotierung und dreidimensionale Mischtechnologie werden priorisiert, um die Gleichmäßigkeit der Zusammensetzung zu verbessern.

Verwenden Sie hochpräzise Mischgeräte, um eine gleichmäßige Partikelverteilung zu gewährleisten. Richten Sie ein Online-Überwachungssystem ein, um die Misch- und Dotierungsparameter in Echtzeit anzupassen.

Optimieren Sie den Sinterprozess und reduzieren Sie das Risiko einer Partikelentmischung.

Richten Sie eine Datenbank für die Einheitlichkeit der Zusammensetzung ein und optimieren Sie den Prozess durch Datenanalyse.

### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Die intelligente Bauteilsteuerung analysiert die Partikelverteilung durch Algorithmen der künstlichen Intelligenz und passt die Misch- und Dotierungsparameter dynamisch an.

Die nanoskalige Dotierungstechnologie verbessert die Gleichmäßigkeit durch die Verwendung von nanoskaligem Ceroxid und Additiven.

Neue Nachweisgeräte, wie z. B. die hochauflösende RFA, ermöglichen eine noch höhere Genauigkeit bei der Analyse der Zusammensetzung.

Das grüne Dopingverfahren reduziert die Umweltbelastung durch die Verwendung umweltfreundlicher Lösungsmittel und energiesparender Geräte.

### **4.4.2 Gefügeanalyse (REM, XRD, etc.)**

Prozessprinzip: Bei der Mikrostrukturanalyse werden die Korngröße, die Partikelverteilung und die Kristallstruktur der Elektrode durch Mikroskopie und Beugungstechniken überprüft, um sicherzustellen, dass sie die Leistungsanforderungen erfüllt. Die Korngröße und die Verteilung der dotierten Partikel wirken sich direkt auf die mechanische Festigkeit und die elektrischen Eigenschaften der Elektrode aus, die durch eine hochpräzise Analyse optimiert werden müssen.

### **Analysemethode:**

Die Rasterelektronenmikroskopie (REM) wird eingesetzt, um die Verteilung von Ceroxidpartikeln und die Korngröße zu beobachten und die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur zu beurteilen.

Die Röntgenbeugung (XRD) detektiert die Kristallstruktur von Wolframmatrix und Ceroxid und stellt sicher, dass keine Phasenübergänge oder Defekte entstehen.

Die Elektronenrückstreubeugung (EBSD) analysiert die Eigenschaften der Korngrenzen, um die mechanischen Eigenschaften der Elektroden zu optimieren.

### **Details zum Prozess:**

Die REM-Analyse erfordert den Einsatz hochauflösender Geräte, um genaue Messungen der Partikelverteilung und der Korngröße zu gewährleisten.

Die XRD-Analyse erfordert eine optimierte Probenvorbereitung, um eine Kontamination oder Beschädigung der Oberfläche zu vermeiden, die die Ergebnisse beeinträchtigt.

Die EBSD-Analyse wird in einer Hochvakuumumgebung durchgeführt, um die Genauigkeit der Korngrenzendaten zu gewährleisten.

### **Einflussfaktoren:**

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Analysegeräte: Die Auflösung und Genauigkeit der Geräte wirken sich direkt auf die Analyseergebnisse aus.

Probenvorbereitung: Die Oberflächenqualität und die Handhabung der Probe beeinflussen die Genauigkeit der mikroskopischen Analyse.

Prozessbedingungen: Die Sintertemperatur und die Atmosphäre beeinflussen die Korngröße und die Partikelverteilung, die durch Analyse optimiert werden müssen.

#### **Vorschläge zur Optimierung:**

Verwenden Sie hochauflösende REM- und XRD-Geräte, um die analytische Genauigkeit zu verbessern.

Optimieren Sie die Probenvorbereitungsprozesse, um die Oberflächenqualität sicherzustellen.

Eine Mikrostrukturdatenbank wurde eingerichtet, um die Prozessoptimierung durch Datenanalyse zu steuern.

Implementierung eines mikroskopischen Online-Analysesystems zur Überwachung von Mikrostrukturen in Echtzeit.

#### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Die hochauflösende EBSD-Technologie optimiert die Elektrodenleistung durch die Analyse der Korngrenzeigenschaften.

Das intelligente mikroskopische Analysesystem analysiert die Mikrostruktur durch Algorithmen der künstlichen Intelligenz und passt die Prozessparameter dynamisch an.

Neue Analysegeräte, wie z. B. Synchrotron-XRD, ermöglichen eine höhere Genauigkeit der Kristallstrukturanalyse.

Umweltfreundliche Analyseverfahren reduzieren die Umweltbelastung, indem sie die Probenvorbereitung und den Energieverbrauch der Geräte optimieren.

#### **4.4.3 Optimierung der Prozessparameter**

Prozessprinzip: Die Optimierung der Prozessparameter verbessert die Elektrodenleistung und die Produktionseffizienz durch Anpassung der Parameter des Mischens, Pressens, Sinterns und anderer Verbindungen. Optimierte Parameter führen zu einem stabilen Gefüge, das die elektrischen und mechanischen Eigenschaften der Elektroden verbessert.

#### **Methode der Optimierung:**

Die Parameterkombination wurde mit orthogonalen experimentellen Methoden entworfen, um den Einfluss verschiedener Parameter auf die Elektrodenleistung zu bewerten.

Die Computersimulationstechnik prognostiziert den Effekt der Parameteroptimierung, indem sie ein Prozessmodell erstellt.

Das Online-Monitoring-System passt die Parameter in Echtzeit an, um die Prozessstabilität zu gewährleisten.

#### **Details zum Prozess:**

Zu den wichtigsten Parametern gehören die Mischzeit, der Pressdruck, die Sintertemperatur und die Atmosphärenbedingungen, die durch Experimente und Simulationen optimiert werden müssen.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Die Optimierung von Prozessen erfordert ein Gleichgewicht zwischen Leistungssteigerungen und Produktionskosten, um die Wirtschaftlichkeit zu gewährleisten.

Die Parameterdatenbank zeichnet die Leistungsdaten unter verschiedenen Prozessbedingungen auf, um die Optimierung zu unterstützen.

#### **Einflussfaktoren:**

Parameterauswahl: Die Parameter verschiedener Prozessverkettungen beeinflussen sich gegenseitig und müssen vom System optimiert werden.

Gerätegenauigkeit: Die Auflösung und Steuergenauigkeit des Geräts wirken sich auf den Effekt der Parameteranpassung aus.

Pulvereigenschaften: Die Partikelgröße und die Morphologie des Pulvers beeinflussen die Bestimmung der Parameteroptimierung.

#### **Vorschläge zur Optimierung:**

Die Computersimulationstechnologie wird verwendet, um Parameter für die Optimierung von Prozessmodellen zu ermitteln.

Implementieren Sie ein Online-Überwachungssystem, um Prozessparameter in Echtzeit anzupassen. Richten Sie eine Datenbank zur Parameteroptimierung ein und leiten Sie die Produktion durch die Datenanalyse.

Optimieren Sie das Anlagendesign und verbessern Sie die Steuerungsgenauigkeit.

#### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Die Technologie des digitalen Zwilling optimiert Parameterkombinationen und verbessert die Effizienz, indem der Prozess simuliert wird.

Das intelligente Optimierungssystem analysiert die Auswirkungen von Parametern durch Algorithmen der künstlichen Intelligenz und passt den Prozess dynamisch an.

Neue Optimierungsmethoden, wie z. B. die auf maschinellem Lernen basierende Prozessoptimierung, ermöglichen eine präzisere Parametersteuerung.

Grüne Optimierungsprozesse erfüllen die Anforderungen der Nachhaltigkeit, indem sie den Energieverbrauch und den Abfall reduzieren.

### **4.5 Fortschrittliche Produktionstechnologie von Cer-Wolfram-Elektroden**

Die fortschrittliche Produktionstechnologie verbessert die Produktionseffizienz und -leistung von Cer-Wolfram-Elektroden durch die Einführung neuer Verfahren und Geräte, um den Anforderungen des hochpräzisen Schweißens gerecht zu werden. Diese Technologien, darunter Nanodotierung, Plasmasintern und intelligente Produktion, stellen die zukünftige Richtung der Elektrodenherstellung dar.

#### **4.5.1 Nanodotierungstechnologie**

Verfahrensprinzip: Die Nanodotierungstechnologie verbessert die Gleichmäßigkeit der Dotierung und die Elektrodenleistung durch den Einsatz von nanoskaligem Ceroxid (Partikelgröße < 100 nm) und Additiven. Die hohe Oberflächenenergie und Dispersion der Nanopartikel optimieren die Korngrenzstruktur und verbessern so die Lichtbogenleistung und die Hochtemperaturstabilität der

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Elektrode.

**Prozess:**

Nanoskaliges Ceroxid wird durch Nassdotierung mit Wolframpulver vermischt, um homogene Verbundpartikel zu bilden.

Der Mischprozess verbessert die Gleichmäßigkeit der Partikel durch die Ultraschall-Dispergiertechnologie.

Das dotierte Pulver wird sprühgetrocknet, um kugelförmige Partikel zu bilden, wodurch die Fließfähigkeit optimiert wird.

**Details zum Prozess:**

Die Ultraschalldispersion erfordert eine Optimierung von Frequenz und Zeit, um eine gleichmäßige Verteilung der Nanopartikel zu gewährleisten.

Bei der Sprühtrocknung müssen die Porengröße und die Trocknungstemperatur der Düse gesteuert werden, um regelmäßig Partikel zu bilden.

Der Dotierungsprozess sollte in einer hochreinen Atmosphäre durchgeführt werden, um eine Oxidation zu verhindern.

**Einflussfaktoren:**

Kontrolle der Partikelgröße: Die Partikelgröße von Nanopartikeln muss streng kontrolliert werden, um eine Agglomeration zu vermeiden.

Dispergiertechniken: Die Effizienz der Ultraschalldispersion beeinflusst die Gleichmäßigkeit der Dotierung.

Eigenschaften der Lösung: Die Konzentration und Viskosität der Lösung beeinflussen die Wirksamkeit der Sprühtrocknung.

Qualitätskontrolle: Die Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) wird verwendet, um die Verteilung von Nanopartikeln zu analysieren, und RFA erkennt die Gleichmäßigkeit der Komponenten. Das Online-Monitoring-System gibt die Dopingparameter in Echtzeit an.

**Vorschläge zur Optimierung:**

Optimieren Sie die Ultraschalldispersionsparameter, um die Gleichmäßigkeit der Nanopartikelverteilung zu verbessern.

Verwenden Sie hochpräzise Sprühtrocknungsgeräte, um eine gleichmäßige Partikelmorphologie zu gewährleisten.

Es wurde eine Datenbank mit Nanodotierungsparametern eingerichtet, um den Prozess durch Datenanalyse zu optimieren.

Implementieren Sie ein Online-Überwachungssystem, um die Gleichmäßigkeit des Dopings in Echtzeit zu erkennen.

**Forschungsfortschritte und Trends:**

Die Komposit-Nanodotierungstechnologie optimiert die Elektrodenleistung durch gleichzeitige Zugabe mehrerer nanoskaliger Seltenerdoxide.

Das intelligente Dotiersystem analysiert die Partikelverteilung durch Algorithmen der künstlichen

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

Intelligenz und passt die Prozessparameter dynamisch an.

Neue Dotiergeräte, wie z. B. Ultraschall-Sprühtrockner, ermöglichen eine präzisere Partikelkontrolle.

Das grüne Dopingverfahren reduziert die Umweltbelastung durch die Verwendung umweltfreundlicher Lösungsmittel und energiesparender Geräte.

#### 4.5.2 Plasma-Sinter-Technologie

Verfahrensprinzip: Beim Plasmasintern (SPS) wird Pulver durch gepulsten Strom und hohe Spannung schnell zu einer Elektrode mit hoher Dichte gesintert. SPS fördert die Partikelbindung durch lokal begrenzte hohe Temperaturen und Plasmaeffekte, wodurch die Sinterzeit und das Kornwachstum reduziert werden.

##### Prozess:

Der gepresste Knüppel wird in SPS-Anlagen eingelegt und unter hoher Temperatur und hohem Druck gesintert.

Nach dem Sintern untersuchte die Elektrode mittels Mikroanalyse die Korngröße und -struktur.

##### Details zum Prozess:

SPS-Geräte müssen mit hochpräzisen Temperatur- und Druckregelungssystemen ausgestattet sein, um eine gleichmäßige Sinterbarkeit zu gewährleisten.

Der Sinterprozess sollte in einer hochreinen Atmosphäre durchgeführt werden, um eine Oxidation zu verhindern.

Die Sinterzeit muss optimiert werden, um Dichte und Korngröße in Einklang zu bringen.

##### Einflussfaktoren:

Sintertemperatur: Es ist notwendig, eine übermäßige Korngröße zu vermeiden, die durch zu hohe Temperaturen verursacht wird.

Druckregelung: Der richtige Druck kann die Dichte erhöhen, und ein zu hoher Druck kann zu Geräteschäden führen.

Pulvereigenschaften: Die feine Partikelgröße und das gleichmäßig verteilte Pulver verbessern die SPS-Effizienz.

Qualitätskontrolle: REM und XRD analysieren die Korngröße und -struktur, und Dichtemessgeräte messen die Elektrodendichte. Das Online-Monitoring-System passt die Sinterparameter in Echtzeit an.

##### Vorschläge zur Optimierung:

Optimieren Sie die SPS-Temperatur- und Druckparameter, um die Elektrodendichte zu erhöhen.

Verwenden Sie eine hochreine Atmosphäre, um das Oxidationsrisiko zu verringern.

Die SPS-Parameterdatenbank wurde eingerichtet, um den Prozess durch Datenanalyse zu optimieren.

Implementieren Sie ein Online-Überwachungssystem, um Sinterbedingungen in Echtzeit zu erkennen.

##### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Die ultraschnelle SPS-Technologie erhöht die Effizienz, indem sie die Sinterzeit verkürzt.  
Das intelligente SPS-System passt die Prozessparameter dynamisch an, indem Temperatur und Druck in Echtzeit überwacht werden.  
Neue SPS-Geräte, wie z. B. die Multipuls-SPS, ermöglichen eine präzisere Sintersteuerung.  
Das umweltfreundliche SPS-Verfahren reduziert die Umweltbelastung durch die Optimierung des Energieverbrauchs und der Abgasbehandlung.

### **4.5.3 Intelligente Produktion und Automatisierung**

Prozessprinzip: Die intelligente Produktion optimiert Produktionsprozesse durch künstliche Intelligenz, Sensoren und automatisierte Anlagen und verbessert so die Effizienz und Qualität. Das automatisierte System stellt die Stabilität der Prozessparameter und die Konsistenz der Elektrodenleistung durch Echtzeitüberwachung und Datenanalyse sicher.

#### **Prozess:**

Sensoren überwachen Parameter beim Mischen, Pressen, Sintern und anderen Verbindungen, und Algorithmen der künstlichen Intelligenz analysieren die Daten und passen den Prozess an.  
Automatisierte Geräte wie Roboter und Förderbänder ermöglichen einen kontinuierlichen Betrieb der Produktionslinie.

#### **Details zum Prozess:**

Sensoren müssen mit hoher Präzision konstruiert werden, um die Genauigkeit der Daten zu gewährleisten.  
KI-Systeme optimieren Prozessparameter durch maschinelles Lernen.  
Automatisierungsanlagen müssen nahtlos in die Produktionslinie integriert werden, um einen effizienten Betrieb zu gewährleisten.

#### **Einflussfaktoren:**

Sensorgenauigkeit: Die Datenqualität des Sensors beeinflusst den Überwachungseffekt.  
Algorithmendesign: Die Optimierungsfähigkeit von Algorithmen der künstlichen Intelligenz beeinflusst den Prozessanpassungseffekt.  
Gerätekompatibilität: Die Automatisierungsausrüstung muss auf bestehende Produktionslinien abgestimmt werden.

Qualitätskontrolle: Das Online-Monitoring-System erfasst Prozessparameter und Produktqualität in Echtzeit, die Datenbank erfasst Produktionsdaten. Mikroskopische Analysen und Leistungstests stellen sicher, dass die Elektroden die Anforderungen erfüllen.

#### **Vorschläge zur Optimierung:**

Die Technologie des digitalen Zwillings wird eingeführt, um den Produktionsprozess zu simulieren und den Prozess zu optimieren.  
Verwenden Sie hochpräzise Sensoren, um die Effektivität der Überwachung zu verbessern.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

Optimieren Sie KI-Algorithmen, um die Genauigkeit von Parameteranpassungen zu verbessern.  
Etablieren Sie eine intelligente Produktionsdatenbank und optimieren Sie den Prozess durch Datenanalyse.

#### **Forschungsfortschritte und Trends:**

Industrie 4.0-Technologien verbessern die Produktionseffizienz durch IoT und Big-Data-Analysen. Die intelligente Produktionslinie automatisiert den gesamten Prozess durch Roboter und Automatisierungsgeräte.

Neue Überwachungsgeräte, wie z. B. integrierte Systeme mit mehreren Sensoren, ermöglichen eine Echtzeitüberwachung mit höherer Genauigkeit.

Umweltfreundliche und intelligente Prozesse reduzieren die Umweltbelastung, indem sie den Energieverbrauch und die Abfallentsorgung optimieren.



#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

CTIA GROUP LTD  
**Cerium Tungsten Electrode Introduction**

**1. Overview of Cerium Tungsten Electrode**

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO<sub>2</sub>). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

**2. Features of Cerium Tungsten Electrode**

**Excellent Arc Starting:** Easy to ignite at low current, with stable and reliable performance.

**Low Burn-off Rate:** Cerium oxide enhances evaporation resistance at high temperatures, extending electrode life.

**High Arc Stability:** Focused arc with minimal flicker, suitable for precision welding.

**Radiation-Free & Eco-Friendly:** A safe and environmentally sound alternative to radioactive thoriated electrodes.

**3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode**

Type	CeO <sub>2</sub> Content	Color Code	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

**4. Applications of Cerium Tungsten Electrode**

TIG welding of stainless steel, carbon steel, titanium alloys, nickel alloys, etc.

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

Low-current plasma arc cutting and high-frequency ignition systems

**5. Procurement Information**

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: [www.tungsten.com.cn](http://www.tungsten.com.cn)

**Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

## Kapitel 5 Verwendung von Cer-Wolfram-Elektroden

Als nicht abschmelzende Hochleistungselektrode hat die Cer-Wolframelektrode aufgrund ihrer hervorragenden Lichtbogenleistung, Lichtbogenstabilität und Hochtemperaturbeständigkeit eine breite Palette von Anwendungswerten im Schweiß- und Nichtschweißbereich gezeigt. Durch seine dotierten Ceroxid-Eigenschaften eignet es sich hervorragend in verschiedenen Prozessen, besonders geeignet für Anwendungen in Hochpräzisions- und Hochtemperaturumgebungen. In diesem Kapitel werden die Anwendungen von Cer-Wolfram-Elektroden systematisch unter vier Aspekten diskutiert: Schweißanwendungen, nicht-schweißende Anwendungen, Anwendungsbranchen und spezielle Anwendungsfälle und die Prozessprinzipien, technische Prozesse, Einflussfaktoren, Optimierungsstrategien und zukünftige Entwicklungstrends der einzelnen Anwendungen werden eingehend analysiert.

### 5.1 Schweißanwendungen von Cer-Wolfram-Elektroden

Zu den Hauptanwendungen von Cer-Wolfram-Elektroden beim Schweißen gehören das Schutzgasschweißen (WIG), das Plasma-Lichtbogenschweißen und das Niederstrom-Gleichstromschweißen. Durch seine geringe Elektronenaustrittsleistung (ca. 2,5 eV) und seine hervorragende thermische Stabilität eignet es sich ideal für hochpräzises Löten. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Analyse von drei spezifischen Anwendungsszenarien.

#### 5.1.1 TIG

##### Verfahrensprinzip

Das Schutzgasschweißen (WIG, Wolfram-Inertgas), auch bekannt als Argon-Lichtbogenschweißen, ist ein Schweißverfahren, bei dem eine nicht abschmelzbare Wolframelektrode verwendet wird, um einen Lichtbogen unter dem Schutz eines Inertgases wie Argon oder Helium zu erzeugen. Die Kernaufgabe von Cer-Wolfram-Elektroden beim WIG-Schweißen besteht darin, einen stabilen Lichtbogen bereitzustellen, der durch thermionische Emission zum Schmelzen von Werkstücken und Zusatzwerkstoffen einen Hochtemperaturlichtbogen (6000 ~ 7000 K) initiiert und aufrechterhält. Die Dotierung von Ceroxid reduziert die Elektronenaustrittsarbeit der Elektrode, wodurch ein schnellerer Lichtbogen bei niedrigen Strömen erreicht werden kann, während gleichzeitig die Konzentration und Stabilität des Lichtbogens erhöht und die Kontamination des Schmelzbades reduziert wird, was besonders zum Schweißen von hochpräzisen oder hochaktiven Metallen geeignet ist.

**Lichtbogeneigenschaften:** Die geringe Elektronenflucht von Cer-Wolfram-Elektroden ermöglicht es ihnen, Lichtbögen bei niedrigeren Spannungen auszulösen, wodurch die Lichtbogenauslösezeit und die Elektrodenverluste reduziert werden. Ceroxidpartikel bilden einen stabilen Emissionspunkt auf der Elektrodenoberfläche, der die thermionische Emission fördert und die Richtwirkung und Stabilität des Lichtbogens optimiert.

**Schutzgaswirkung:** Argongas tritt als Hauptschutzgas auf und verhindert die Oxidation oder Nitrierung des Schmelzbades, indem es Sauerstoff und Stickstoff in der Luft isoliert. Helium kann die Lichtbogentemperatur erhöhen und die Eindringtiefe in bestimmten Situationen mit hohem

##### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Wärmeeintrag erhöhen.

Anwendbare Materialien: Cer-Wolfram-Elektroden eignen sich zum Schweißen aus Edelstahl, Aluminiumlegierungen, Magnesiumlegierungen, Titanlegierungen und anderen Materialien und werden häufig in Szenarien mit hohen Präzisions- und ästhetischen Anforderungen eingesetzt.

### Technischer Ablauf

Elektrodenvorbereitung: Wählen Sie die Cer-Wolfram-Elektrode (1,04,0 mm) mit dem entsprechenden Durchmesser je nach Schweißmaterial und Dicke aus und schleifen Sie den entsprechenden Kegelwinkel (30°/60°), um die Lichtbogenkonzentration zu optimieren. Die Elektrodenoberfläche muss gebeizt oder poliert werden, um die Oxidschicht zu entfernen und die Lichtbogenleistung zu gewährleisten.

Geräteeinrichtung: WIG-Schweißgeräte müssen mit einer Hochfrequenz-Lichtbogenzündvorrichtung und einem stabilen Stromregelungssystem ausgestattet sein. Gleichstrom mit positiver Polarität (DCEN) wird häufig in den meisten Metallen verwendet, und Wechselstrom wird in Aluminiumlegierungen verwendet, um Oxidfilme zu entfernen.

Schweißprozess: Unter dem Schutz von Argon oder Helium wird zwischen Elektrode und Werkstück ein Lichtbogen ausgelöst, und der Bediener steuert die Lichtbogenposition und den Wärmeeintrag durch den Schweißbrenner. Die Zuführung des Füllmaterials erfolgt bei Bedarf über manuelle oder automatische Drahtzuführungen.

Nachbehandlung: Überprüfen Sie nach Abschluss der Schweißung die Qualität der Schweißnaht, um sicherzustellen, dass keine Porositäten, Risse oder Schlackeneinschlüsse vorhanden sind. Die Elektrode muss regelmäßig überprüft und nachgeschliffen werden, um den Kegelwinkel und die Oberflächenqualität zu erhalten.

### Details zur Handwerkskunst

Elektrodenkegelwinkel: Die Größe des Konuswinkels beeinflusst die Konzentration und Eindringtiefe des Lichtbogens. Kleinere Kegelwinkel (z. B. 30°) eignen sich für das Niedrigstrom-Präzisionsschweißen, während größere Kegelwinkel (z. B. 60°) für das Hochstrom-Tiefschweißen geeignet sind.

Schutzgasfluss: Der Argongasdurchfluss muss entsprechend der Größe der Schweißpistole und der Schweißumgebung optimiert werden, normalerweise 8 ~ 15 l/min. Eine übermäßige Durchflussrate kann zu Störungen der Luftströmung führen, die die Stabilität des Lichtbogens beeinträchtigen. Eine zu niedrige Durchflussrate reicht möglicherweise nicht aus, um das Schmelzbad zu schützen.

Stromart und Polarität: Die positive Polarität des Gleichstroms (DCEN) hält die Elektrode kühl und verlängert ihre Lebensdauer; Der Wechselstrom reinigt den Oxidfilm auf der Oberfläche der Aluminiumlegierung durch periodische Polaritätsumwandlung.

Umweltkontrolle: Der Schweißbereich sollte trocken und windfrei sein, um eine Beschädigung der Gasschutzwirkung zu vermeiden. Die Werkstatt sollte mit einem hocheffizienten Lüftungssystem ausgestattet sein, um die Ansammlung schädlicher Gase zu verhindern.

### Einflussfaktoren

Elektrodenqualität: Die Reinheit, die Ceroxidverteilung und die Oberflächenbeschaffenheit der Elektrode wirken sich direkt auf die Lichtbogeninitiierungsleistung und die Lichtbogenstabilität aus.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Ungleichmäßiges Doping kann zu Lichtbogenjitter oder erhöhtem Burnout führen.

Reinheit des Schutzgases: Die Reinheit von Argon oder Helium ( $\geq 99,99\%$ ) ist entscheidend für die Wirkung des Poolschutzes. Spuren von Sauerstoff oder Feuchtigkeit können zu einer Oxidation der Schweißnaht führen.

Werkstückmaterial: Die Wärmeleitfähigkeit und chemische Aktivität verschiedener Materialien beeinflussen die Auswahl der Schweißparameter. Titanlegierungen benötigen beispielsweise einen höheren Gasschutz, um Oxidation zu verhindern.

Bedienertechnologie: Die Erfahrung und die Techniken des Bedieners wirken sich auf die Lichtbogenkontrolle und die Schweißqualität aus, und das manuelle WIG-Schweißen stellt hohe technische Anforderungen.

Umgebungsbedingungen: Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit können die Wirksamkeit des Gasschutzes beeinflussen und müssen durch Umgebungskontrollen optimiert werden.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Elektrodenoptimierung: Wählen Sie hochreine Cer-Wolfram-Elektroden (Ceroxidgehalt  $2\% \sim 4\%$ ), um eine gleichmäßige Verteilung durch Nassdotierung zu gewährleisten und die Lichtbogenleistung zu verbessern.

Gasmanagement: Verwenden Sie hochreines Argongas und optimieren Sie die Durchflussregelung, ausgestattet mit Gasanalysatoren, um die Reinheit in Echtzeit zu überwachen.

Geräte-Upgrade: Fortschrittliches WIG-Schweißgerät mit Hochfrequenz-Lichtbogensauslösung und Impulsstromregelung verbessert die Lichtbogenstabilität und die Genauigkeit der Wärmeeintragssteuerung.

Automatisierungstechnik: Einführung von automatischen Drahtvorschub- und Roboterschweißsystemen, um menschliche Bedienungsfehler zu reduzieren und die Schweißkonsistenz zu verbessern.

Schulung und Management: Verbessern Sie die Bedienschulung, um die Beherrschung von Schweißparametern und Elektrodenwartungstechniken sicherzustellen. Richten Sie eine Schweißparameterdatenbank ein und optimieren Sie die Prozesseinstellungen.

### **Zukunftstrends**

Intelligentes Schweißen: Echtzeitüberwachung des Lichtbogenstatus und der Schweißbaddynamik durch künstliche Intelligenz und Sensortechnologie, die den Strom- und Gasfluss dynamisch anpasst, um die Schweißqualität zu verbessern.

Grüne Schweißtechnik: Entwicklung energiesparender WIG-Schweißgeräte und recycelbarer Schutzgassysteme, um den Energieverbrauch und die Umweltbelastung zu reduzieren.

Neue Elektrodenmaterialien: Erforschen Sie Cer-dotierte Komposit-Wolframelektroden (z. B. die Zugabe von Lanthanoxid oder Yttriumoxid), um die Elektronenausstrittsarbeit weiter zu reduzieren und die Lichtbogenleistung zu optimieren.

Hochpräzises Schweißen: Entwicklung einer WIG-Schweißtechnologie mit extrem niedrigem Strom für Mikrokomponenten, die den Anforderungen der Elektronik- und Medizinindustrie entspricht.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

## 5.1.2 Plasma-Lichtbogenschweißen

### Verfahrensprinzip

Das Plasma-Lichtbogenschweißen (PAW) ist ein Verfahren des hochpräzisen Schweißens, bei dem ein komprimierter Lichtbogen verwendet wird, um einen hochtemperaturischen, hochkonzentrierten Plasmalichtbogen (bis zu 15.000 ~ 20.000 K) durch den Düseneinschlusslichtbogen zu bilden. Die Rolle von Cer-Wolfram-Elektroden beim Plasma-Lichtbogenschweißen besteht darin, eine stabile thermionische Emission zu gewährleisten und einen Lichtbogen mit hoher Energiedichte aufrechtzuerhalten, wodurch sie zum Schweißen von dünnen Blechen, unterschiedlichen Metallen und Materialien mit hohen Schmelzpunkten geeignet sind. Die Dotierung von Ceroxid erhöht die Hochtemperaturbeständigkeit der Elektrode, reduziert das Ausbrennen bei hohen Temperaturen und verlängert die Lebensdauer der Elektrode.

Lichtbogeneigenschaften: Der Plasmalichtbogen wird durch die Düse komprimiert, um einen Lichtbogen mit hoher Energiedichte und geringer Divergenz zu bilden, und die Eindringtiefe und Schweißqualität sind besser als beim WIG-Schweißen. Die geringe Elektronenflucht von Cer-Wolfram-Elektroden sorgt für eine schnelle Lichtbogeninitiierung und Lichtbogenstabilität.

Schutzgas vs. Plasmagas: Das Plasmagas (normalerweise Argon) bildet einen Lichtbogen durch die Düse, und das Schutzgas (ein Gemisch aus Argon oder Helium) schützt das Schmelzbad. Das Dual-Airflow-Design verbessert die Schweißqualität.

Anwendbare Materialien: Das Plasmalichtbogenschweißen eignet sich für Hochleistungswerkstoffe wie Edelstahl, Titanlegierungen und Nickelbasislegierungen, die in der Luft- und Raumfahrt und in der Präzisionsfertigung weit verbreitet sind.

### Technischer Ablauf

Elektrodenvorbereitung: Wählen Sie den entsprechenden Durchmesser der Cer-Wolfram-Elektrode (1,63,2 mm) und schleifen Sie den Kegelwinkel (20°/40°), um den Lichtbogen mit hoher Energiedichte aufzunehmen. Die Elektrode muss mit einer Oberflächenbehandlung behandelt werden, um Verunreinigungen zu entfernen.

Geräteeinrichtung: Das Plasma-Lichtbogenschweißgerät muss mit hochpräzisen Düsen und dualen Luftstromregelungssystemen ausgestattet sein. Gleichstrom mit positiver Polarität (DCEN) ist der primäre Modus, und für das Blechschweißen wird gepulster Strom verwendet.

Schweißprozess: Plasmagas bildet durch die Düse einen Lichtbogen, und das Schutzgas schützt das Schmelzbad. Der Bediener steuert die Lichtbogenposition mit Hilfe eines Schweißbrenners, das Füllmaterial wird von einem automatischen Drahtvorschub bereitgestellt.

Nachbearbeitung: Überprüfen Sie die Qualität der Schweißnähte, um sicherzustellen, dass keine Poren oder Risse vorhanden sind. Die Elektrode muss regelmäßig gewartet werden und der Konuswinkel wird neu geschliffen.

### Details zur Handwerkskunst

Düsendesign: Die Düsenöffnung und das Material beeinflussen den Lichtbogenkompressionseffekt, daher ist es notwendig, eine hochtemperaturbeständige Keramikdüse zu wählen, um die Stabilität zu gewährleisten.

Gasdurchfluss: Der Plasmagasdurchfluss (0,52 l/min) und der Schutzgasdurchfluss (1020 l/min)

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

müssen präzise geregelt werden, um Lichtbogenstörungen zu vermeiden.

Stromregelung: Der gepulste Strom reduziert den Wärmeeintrag und eignet sich daher für das Blechschweißen. Die Stromstabilität wirkt sich direkt auf die Schweißqualität aus.

Umweltkontrolle: Der Schweißbereich sollte in einer windfreien Umgebung mit geringer Luftfeuchtigkeit gehalten werden, um die Gasschutzwirkung zu gewährleisten.

### **Einflussfaktoren**

Elektrodenqualität: Die Ceroxid-Verteilung und die Oberflächenqualität der Elektrode beeinflussen die Stabilität und Lebensdauer des Lichtbogens. Eine ungleichmäßige Dotierung kann zu einer Lichtbogenverschiebung führen.

Zustand der Düse: Abgenutzte oder verstopfte Düsen können die Lichtbogenkonzentration verringern und erfordern eine regelmäßige Inspektion und einen Austausch.

Gasreinheit: Die Reinheit von Plasmagas und Schutzgas ( $\geq 99,999\%$ ) ist entscheidend für die Schweißqualität.

Eigenschaften des Werkstücks: Die Dicke und Wärmeleitfähigkeit des Materials beeinflussen die Auswahl der Schweißparameter, die je nach Material optimiert werden müssen.

Betriebsgenauigkeit: Das Plasma-Lichtbogenschweißen erfordert eine hohe Präzision für Geräte und Bediener, und die Automatisierung muss die Konsistenz verbessern.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Elektrodenoptimierung: Verwendet nanoskalige Ceroxid-dotierte Elektroden, um die Lichtbogenstabilität und die Hochtemperaturbeständigkeit zu verbessern.

Gasmanagement: Optimiertes Dual-Gas-Flow-Design mit hochreinem Gas und Inline-Gasanalysator.

Ausrüstungs-Upgrade: Nehmen Sie eine hochpräzise Plasma-Lichtbogenschweißmaschine an, die mit Impulsstrom und automatischem Steuerungssystem ausgestattet ist.

Prozessüberwachung: Führen Sie Echtzeit-Überwachungssysteme ein, um den Lichtbogenstatus und die Schweißqualität zu erkennen und Parameter dynamisch anzupassen.

Betriebsschulung: Verstärken Sie die Schulung der Bedienerfähigkeiten, um Ihre Kenntnisse in der Plasmalichtbogenschweißtechnologie sicherzustellen.

### **Zukunftstrends**

Mikroplasmenschweißen: Entwicklung einer Ultraniederstrom-Plasmenschweißtechnologie für Mikrokomponenten, die auf die Bedürfnisse der Elektronik- und Medizinindustrie zugeschnitten ist.

Intelligente Steuerung: Optimieren Sie Lichtbogen- und Gasparameter durch künstliche Intelligenz und Sensortechnologie, um die Konsistenz der Schweißnaht zu verbessern.

Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Plasma-Lichtbogenschweißmaschinen und Gasrückgewinnungssystemen, um die Umweltbelastung zu reduzieren.

Neue Elektroden: Entdecken Sie multielementdotierte Cer-Wolfram-Elektroden, um die Leistung und Langlebigkeit bei hohen Temperaturen weiter zu verbessern.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

### 5.1.3 Niederstrom-Gleichstromschweißen (Rohre, Präzisionsbauteile, etc.)

#### Verfahrensprinzip

Die negative Gleichstromelektrode (DCEN) verwendet einen niedrigen Strom (10~50 A), um einen stabilen Lichtbogen zu erzeugen, wodurch sie für Schweißszenarien geeignet ist, in denen der Wärmeeintrag empfindlich ist, wie z. B. Rohre und Präzisionskomponenten. Cer-Wolfram-Elektroden sind aufgrund ihrer hervorragenden Lichtbogenleistung bei niedrigem Strom und ihrer Lichtbogenstabilität die bevorzugte Wahl in diesem Bereich. Seine Ceroxid-Dotierung reduziert die Elektronenaustrittsarbeit, so dass die Elektrode schnell einen Lichtbogen entzünden und einen stabilen Lichtbogen bei niedrigen Strömen aufrechterhalten kann, wodurch die Wärmeeinflusszone (WEZ) reduziert und die Schweißqualität sichergestellt wird.

Lichtbogeneigenschaften: Bei geringen Strömen bildet die Cer-Wolfram-Elektrode durch die thermionische Emission von Ceroxid einen stabilen Feinlichtbogen, der sich für dünnwandige Materialien und hochpräzises Schweißen eignet.

Schutzgas: Argon ist das wichtigste Schutzgas, und die Durchflussmenge muss genau gesteuert werden, um kleine Schmelztümpel zu schützen.

Anwendbare Szenarien: Das Schweißen von Rohren (z. B. Edelstahlrohre) und Präzisionskomponenten (z. B. Sensoren für die Luft- und Raumfahrt) erfordert einen geringen Wärmeeintrag, um Verformungen oder Leistungsverluste zu vermeiden.

#### Technischer Ablauf

Elektrodenvorbereitung: Wählen Sie eine Elektrode mit kleinem Durchmesser (0,51,6 mm) und schleifen Sie einen scharfen Kegelwinkel (20°30°), um die Lichtbogenkonzentration zu erhöhen. Die Oberfläche muss poliert werden, um die Lichtbogenleistung zu verbessern.

Geräteeinrichtung: Verwendet ein hochpräzises WIG-Schweißgerät, das mit einer Niederstromregelung und einer Impulsfunktion ausgestattet ist, um einen minimalen Wärmeeintrag zu gewährleisten.

Schweißprozess: Der Lichtbogen wird unter Argonschutz eingeleitet, und der Bediener steuert die Lichtbogenposition mit einer manuellen oder automatischen Schweißpistole. Das Füllmaterial ist in der Regel Filament, das zum Werkstückmaterial passt.

Nachbearbeitung: Überprüfen Sie die Qualität der Schweißnähte, um sicherzustellen, dass keine Porosität oder Mikrorisse vorhanden sind. Die Elektroden müssen regelmäßig gewartet werden, um ihre Leistung zu erhalten.

#### Details zur Handwerkskunst

Elektrodenkegelwinkel: Der scharfe Kegelwinkel verbessert die Lichtbogenkonzentration und reduziert die Wärmeeinflusszone, wodurch er für das Präzisionsschweißen geeignet ist.

Stromregelung: Der Impulsstrom (Frequenz 5 ~ 20 Hz) reduziert den Wärmeeintrag weiter und optimiert die Schweißqualität.

Gasdurchfluss: Der Argon-Durchfluss (5~10 L/min) muss präzise gesteuert werden, um störende Lichtbögen zu vermeiden.

Umweltkontrolle: Der Schweißbereich sollte staub- und windfrei sein, um den Gasschutz zu gewährleisten.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

## **Einflussfaktoren**

**Elektrodenqualität:** Eine ungleichmäßige Verteilung von Ceroxid kann zu einer Instabilität des Lichtbogens führen, die die Schweißqualität beeinträchtigt.

**Stromstabilität:** Bei niedrigen Strömen wirkt sich die Stromregelgenauigkeit des Schweißgeräts direkt auf die Lichtbogenstabilität aus.

**Werkstückeigenschaften:** Die Wärmeleitfähigkeit und die Dicke dünnwandiger Materialien beeinflussen die Auswahl der Schweißparameter, die genau aufeinander abgestimmt werden müssen.

**Betriebstechnik:** Das Niedrigstromschweißen erfordert eine hohe Präzision für den Bediener, und der manuelle Betrieb muss stabil sein.

**Umgebungsbedingungen:** Feuchtigkeit oder Windgeschwindigkeit können die Schutzwirkung des Gases beeinträchtigen und die Umgebung muss optimiert werden.

## **Optimieren Sie Ihre Strategie**

**Elektrodenoptimierung:** Verwenden Sie Cer-Wolfram-Elektroden mit hoher Gleichmäßigkeit, um die Leistung von Lichtbögen bei niedrigen Strömen durch Nanodotierung zu verbessern.

**Geräte-Upgrade:** Nehmen Sie ein hochpräzises Niedrigstromschweißgerät an, das mit einer Impulssteuerung und einem Automatisierungssystem ausgestattet ist.

**Gasmanagement:** Verwendet hochreines Argongas und optimiert die Durchflussregelung, ausgestattet mit Gasanalysatoren.

**Automatisierungstechnik:** Einführung von Roboterschweißsystemen, um die Genauigkeit und Konsistenz des Niedrigstromschweißens zu verbessern.

**Prozessüberwachung:** Implementieren Sie Echtzeit-Überwachungssysteme, um Lichtbogen- und Schweißbedingungen zu erkennen und Parameter dynamisch anzupassen.

## **Zukunftstrends**

**Ultra-Niedrigstrom-Schweißen:** Entwicklung einer Ultra-Niedrigstrom-Schweißtechnologie (<10 A) für Mikrokomponenten, um den Anforderungen der Elektronikindustrie gerecht zu werden.

**Intelligentes Schweißen:** Optimieren Sie Niedrigstrom-Lichtbogenparameter durch künstliche Intelligenz, um die Schweißqualität zu verbessern.

**Grüne Technologie:** Entwicklung von energiesparenden Schweißgeräten und Gasrückgewinnungssystemen, um die Umweltbelastung zu reduzieren.

**Neue Elektroden:** Entdecken Sie Hochleistungs-Cer-Wolfram-Elektroden zur Optimierung der Lichtbogenstabilität bei niedrigen Strömen.

## **5.2 Nichtschweißende Anwendungen von Cer-Wolfram-Elektroden**

Cer-Wolfram-Elektroden sind auch bei Nicht-Schweißanwendungen wichtig, einschließlich Plasmaschneiden, Overlay und Plattieren und anderen Hochtemperaturladungsanwendungen. Durch seine hohe Temperaturbeständigkeit und Lichtbogenstabilität eignet es sich hervorragend für hochenergetische Prozesse.

### **5.2.1 Plasmaschneiden**

#### **Verfahrensprinzip**

Beim Plasmaschneiden werden Metallmaterialien durch einen Hochtemperatur-Plasmalichtbogen

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

(15000 ~ 30000 K) geschmolzen und weggeblasen, um ein effizientes Schneiden zu ermöglichen. Die Cer-Wolfram-Elektrode als Kernkomponente des Plasmaschneiders sorgt für einen stabilen Lichtbogen und hält eine Plasmaströmung mit hoher Energiedichte aufrecht. Die Ceroxid-Dotierung erhöht die Hochtemperaturbeständigkeit der Elektrode, reduziert das Ausbrennen und verlängert die Lebensdauer, wodurch sie für das Schneiden einer Vielzahl von Metallwerkstoffen geeignet ist.

Eigenschaften des Plasmalichtbogens: Der Plasmalichtbogen wird durch die Düse komprimiert, wodurch eine hohe Energiedichte und ein Hochgeschwindigkeitsgasfluss erzeugt werden, der Materialien schnell schmilzt und entfernt wird.

Gaswirkung: Plasmagase (wie Stickstoff oder Argon-Wasserstoff-Gemisch) bilden einen Lichtbogen, und Schutzgase (Luft oder Sauerstoff) erhöhen die Schneideffizienz.

Anwendbare Materialien: Geeignet für Kohlenstoffstahl, Edelstahl, Aluminiumlegierung usw., die in der Metallverarbeitung und -demontage weit verbreitet sind.

### Technischer Ablauf

Elektrodenvorbereitung: Wählen Sie eine Cer-Wolfram-Elektrode mit dem entsprechenden Durchmesser (2,04,0 mm) und schleifen Sie den Kegelwinkel ( $30^{\circ}45^{\circ}$ ), um die Lichtbogenkonzentration zu optimieren.

Einrichtung der Ausrüstung: Die Plasmaschneidmaschine muss mit einer Hochleistungsstromversorgung und einer Präzisionsdüse ausgestattet sein, und der Strombereich wird entsprechend der Dicke des Materials angepasst.

Schneidprozess: Das Plasmagas bildet einen Lichtbogen durch die Düse, und der Bediener steuert den Schneidpfad und die Geschwindigkeit. Schutzgas verstärkt die Schneidwirkung.

Nachbehandlung: Überprüfen Sie die Qualität der Schnittfläche, um sicherzustellen, dass keine Rückstände oder Wärmeeinflusszonen vorhanden sind. Die Elektroden müssen regelmäßig gewartet werden.

### Details zur Handwerkskunst

Düsendesign: Die Düsenöffnung und das Material beeinflussen die Konzentration und Schnittgeschwindigkeit des Plasmalichtbogens.

Gasdurchfluss: Plasmagas (25 l/min) und Schutzgas (2050 l/min) müssen präzise geregelt werden.

Stromregelung: Ein hoher Strom eignet sich zum Schneiden dicker Bleche, ein niedrigerer Strom eignet sich zum Schneiden dünner Bleche und muss je nach Material optimiert werden.

Umweltkontrolle: Der Schneidbereich sollte mit effizienten Belüftungssystemen ausgestattet sein, um die Ansammlung schädlicher Gase zu verhindern.

### Einflussfaktoren

Elektrodenqualität: Die hohe Temperaturbeständigkeit und Oberflächengüte der Elektrode beeinflussen die Schnittstabilität.

Zustand der Düse: Düsenverschleiß kann die Schnittgenauigkeit verringern und muss regelmäßig ausgetauscht werden.

Gasreinheit: Die Gasreinheit ( $\geq 99,99\%$ ) ist entscheidend für die Schnittqualität und die Lebensdauer der Elektrode.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Materialeigenschaften: Die Dicke und Wärmeleitfähigkeit des Materials beeinflussen die Auswahl der Schnittparameter.

Betriebspräzision: Schnittgeschwindigkeit und Bahnsteuerung beeinflussen die Oberflächenqualität.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Elektrodenoptimierung: Verwenden Sie langlebige Cer-Wolfram-Elektroden für eine längere Lebensdauer des Schnitts.

Gasmanagement: Optimieren Sie das Gasverhältnis und die Durchflussrate unter Verwendung hochreiner Gase.

Ausrüstungs-Upgrade: Nehmen Sie eine hochpräzise Plasmaschneidmaschine mit automatischem Steuerungssystem an.

Prozessüberwachung: Implementieren Sie Echtzeit-Überwachungssysteme, um Lichtbögen und Schnittqualität zu erkennen.

Betriebsschulung: Verstärken Sie die Schulung der Bedienerfähigkeiten, um die Schnittgenauigkeit sicherzustellen.

### **Zukunftstrends**

Hochpräzises Schneiden: Entwicklung einer ultrahochpräzisen Plasmaschneidtechnologie für dünne Bleche.

Intelligente Steuerung: Optimieren Sie die Schnittparameter durch künstliche Intelligenz und verbessern Sie so die Effizienz und Qualität.

Grüne Technologie: Entwicklung energiesparender Schneidemaschinen und Gasrückgewinnungssysteme.

Neue Elektroden: Entdecken Sie dotierte Kompositelektroden für eine verbesserte Leistung bei hohen Temperaturen.

## **5.2.2 Schweißen und Plattieren**

### **Verfahrensprinzip**

Beim Auftragsschweißen und Plattieren werden verschleiß- und korrosionsbeständige Werkstoffe durch Lichtbögen oder Plasmalichtbögen auf die Oberfläche des Werkstücks aufgetragen und so deren Leistung verbessert. Cer-Wolfram-Elektroden sorgen für einen stabilen Lichtbogen, halten Hochtemperatur-Schmelzbäder aufrecht und fördern eine gleichmäßige Abscheidung von Zusatzwerkstoffen. Die Ceroxid-Dotierung erhöht die Hochtemperaturbeständigkeit der Elektrode und eignet sich somit für Schweißauftragsprozesse mit hohem Wärmeeintrag.

Lichtbogeneigenschaften: Die Cer-Wolfram-Elektrode bildet einen stabilen Hochtemperatur-Lichtbogen, der dafür sorgt, dass das Zusatzmaterial vollständig geschmolzen und abgeschieden wird.

Füllmaterialien: Hochleistungswerkstoffe wie Nickelbasislegierungen und Kobaltbasislegierungen werden häufig für Schweißauflagen verwendet.

Anwendbare Szenarien: Wird verwendet, um verschlissene Teile zu reparieren oder die Oberflächeneigenschaften von Werkstücken wie Formen, Ventilen usw. zu verbessern. zu verbessern.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

## Technischer Ablauf

Elektrodenvorbereitung: Wählen Sie den entsprechenden Elektrodendurchmesser (2,03,2 mm) und schleifen Sie den Konuswinkel (30°45°).

Geräteeinrichtung: Schweißauflagengeräte müssen mit einer Hochleistungsstromversorgung und einem Drahtvorschubsystem ausgestattet sein, und der Strom wird je nach Material angepasst.

Overlay-Prozess: Der Lichtbogen schmilzt das Zusatzmaterial, und der Bediener steuert den Abscheidungsprozess und die Geschwindigkeit.

Nachbearbeitung: Überprüfen Sie die Qualität der Sedimentschicht, um sicherzustellen, dass keine Risse oder Porosität vorhanden sind.

## Details zur Handwerkskunst

Lichtbogenregelung: Der gepulste Strom reduziert den Wärmeeintrag und reduziert die Beschädigung des Substrats.

Füllmaterial: Es muss auf das Substrat abgestimmt sein, um die Haftfestigkeit zu gewährleisten.

Gasschutz: Argongas schützt das Schmelzbad, und die Durchflussmenge (10~20 L/min) muss optimiert werden.

Umweltkontrolle: Der Bereich der Schweißnaht sollte trocken und windfrei gehalten werden.

## Einflussfaktoren

Elektrodenqualität: Die hohe Temperaturbeständigkeit der Elektrode beeinflusst die Lichtbogenstabilität.

Füllmaterial: Die chemische Zusammensetzung und Morphologie des Materials beeinflussen die Abscheidungsqualität.

Prozessparameter: Strom, Geschwindigkeit und Gasdurchfluss müssen genau aufeinander abgestimmt sein.

Substrateigenschaften: Die Wärmeleitfähigkeit und der Oberflächenzustand des Substrats beeinflussen den Abscheidungseffekt.

## Optimieren Sie Ihre Strategie

Elektrodenoptimierung: Verwenden Sie Hochleistungs-Cer-Wolfram-Elektroden, um die Lichtbogenstabilität zu verbessern.

Materialauswahl: Optimieren Sie die Formulierung des Füllmaterials, um die Haftfestigkeit zu erhöhen.

Geräte-Upgrade: Automatisierte Schweißaufragsgeräte werden verwendet, um die Konsistenz der Abscheidung zu verbessern.

Prozessüberwachung: Implementieren Sie Echtzeit-Überwachungssysteme, um die Abscheidungsqualität zu erkennen.

## Zukunftstrends

Lasergestützte Oberflächenbearbeitung: Kombiniert Laser und Lichtbogen, um die Abscheidungsgenauigkeit zu verbessern.

Intelligente Steuerung: Optimieren Sie Overlay-Parameter durch künstliche Intelligenz.

Grüne Technologie: Entwicklung von energiesparenden Schweißaufragsgeräten.

### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Neue Elektroden: Erforschung von Kompositelektroden mit hoher Lebensdauer.

### 5.2.3 Sonstige Anwendungen für Hochtemperaturentladungen

#### Verfahrensprinzip

Cer-Wolfram-Elektroden bieten eine stabile Lichtbogen- oder Entladungsquelle in anderen Hochtemperatur-Entladungsanwendungen (z. B. Plasmaspritzen, Funkenerosion). Durch seine ausgezeichnete Hochtemperaturbeständigkeit und Lichtbogenstabilität eignet es sich für Szenarien mit hoher Energiedichte.

Plasmaspritzen: Der Lichtbogen schmilzt das pulverförmige Material und sprüht es auf die Oberfläche des Werkstücks, um eine Beschichtung zu bilden.

Funkenerosion (EDM): Elektroden korrodieren Materialien, indem sie sie entladen, wodurch sie für die Präzisionsbearbeitung geeignet sind.

Anwendbare Szenarien: Wird zur Oberflächenverstärkung, Formverarbeitung usw. verwendet.

#### Technischer Ablauf

Elektrodenvorbereitung: Wählen Sie die Elektrode mit dem entsprechenden Durchmesser und schleifen Sie den Kegelwinkel, um die Entladungsleistung zu optimieren.

Geräteeinrichtung: Ausgestattet mit einem Hochleistungsnetzteil und einem Präzisionssteuerungssystem.

Bearbeitungsprozess: Lichtbogen oder Entladung wirkt auf das Material, und der Bediener steuert den Weg und die Parameter.

Nachbehandlung: Überprüfen Sie die Qualität der bearbeiteten Oberfläche, um die Einhaltung der Anforderungen sicherzustellen.

#### Details zur Handwerkskunst

Elektrodenesign: Der Kegelwinkel und die Oberflächenqualität müssen optimiert werden, um die Entladungsstabilität zu verbessern.

Gas oder Medium: Für das Plasmaspritzen ist hochreines Gas erforderlich, und für die Funkenerosion ist eine dielektrische Flüssigkeit erforderlich.

Parametersteuerung: Strom, Spannung und Verarbeitungsgeschwindigkeit müssen genau eingestellt werden.

#### Einflussfaktoren

Elektrodenqualität: Die hohe Temperaturbeständigkeit der Elektrode beeinflusst die Entladestabilität.

Medieneigenschaften: Die Reinheit des Gases oder der dielektrischen Flüssigkeit beeinflusst die Verarbeitungsqualität.

Genauigkeit der Ausrüstung: Die Präzision des Stromversorgungs- und Steuerungssystems beeinflusst den Bearbeitungseffekt.

### Optimieren Sie Ihre Strategie

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Elektrodenoptimierung: Zur Verbesserung der Entladestabilität werden Hochleistungs-Cer-Wolfram-Elektroden eingesetzt.

Medienmanagement: Optimieren Sie die Formulierung von Gas- oder dielektrischen Flüssigkeiten.

Ausrüstungs-Upgrade: Nehmen Sie hochpräzise Entladegeräte an.

Prozessüberwachung: Implementieren Sie Echtzeit-Überwachungssysteme, um den Entladestatus zu erkennen.

### **Zukunftstrends**

Hochpräzises Erodieren: Entwicklung von Erodieretechniken für Mikrobauteile.

Intelligente Steuerung: Optimieren Sie die Ladeparameter durch künstliche Intelligenz.

Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Entladungsgeräten.

Neue Elektroden: Erforschung von kompositdotierten Elektroden.

## **5.3 Anwendungsbranchen von Cer-Wolfram-Elektroden**

Cer-Wolfram-Elektroden werden häufig in der Luft- und Raumfahrt, im Automobilbau, in der Energie- und Chemieindustrie, im Bereich der Herstellung medizinischer Geräte und in anderen Industrien eingesetzt, und ihre hohe Leistung erfüllt die strengen Anforderungen verschiedener Branchen.

### **5.3.1 Luft- und Raumfahrt**

#### **Hintergrund der Anwendung:**

Die Luft- und Raumfahrtindustrie stellt extreme hohe Anforderungen an die Schweißqualität, und Cer-Wolfram-Elektroden werden aufgrund ihrer hervorragenden Lichtbogeneinleitungsleistung und Lichtbogenstabilität häufig beim Schweißen von Hochleistungswerkstoffen wie Titanlegierungen und Nickelbasislegierungen wie Triebwerksschaufeln und Raumfahrzeugschalen eingesetzt.

Prozessanforderungen: Hohe Präzision, geringer Wärmeeintrag und hervorragende Schweißqualität sind erforderlich.

Vorteile der Elektroden: Cer-Wolfram-Elektroden können bei niedrigen Strömen einen stabilen Lichtbogen aufrechterhalten, wodurch die Wärmeeinflusszone reduziert wird.

#### **Technischer Ablauf**

Elektrodenauswahl: Elektrode mit kleinem Durchmesser (0,5 ~ 2,0 mm), scharfer Kegelwinkel.

Schweißverfahren: WIG- oder Plasma-Lichtbogenschweißen, Argonschutz.

Qualitätskontrolle: Zerstörungsfreie Prüfungen (z. B. Röntgenstrahlen) überprüfen die Schweißqualität.

#### **Einflussfaktoren**

Materialeigenschaften: Die hohe Aktivität von Titanlegierungen erfordert einen starken Gasschutz.

Elektrodenqualität: Die Ceroxid-Verteilung beeinflusst die Lichtbogenstabilität.

Umweltkontrolle: Eine staub- und windfreie Umgebung gewährleistet die Schweißqualität.

## **Optimieren Sie Ihre Strategie**

### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Elektrodenoptimierung: Verwenden Sie nanodotierte Elektroden.

Gasmanagement: hochreines Argon und Dual-Airflow-Design.

Automatisierungstechnik: Einführung von Roboterschweißanlagen.

### **Zukunftstrends**

Ultrahochpräzises Schweißen: Erfüllen Sie die Anforderungen von Mikrokomponenten.

Intelligente Steuerung: Optimierung der Schweißparameter.

Grüne Technologie: energiesparende Schweißgeräte.

## **5.3.2 Automobilbau**

### **Hintergrund der Anwendung:**

Im Automobilbau werden Cer-Wolfram-Elektroden zum Schweißen von Teilen wie Karosserien und Abgasanlagen verwendet, und zu den Materialien gehören Edelstahl und Aluminiumlegierungen. Die schnelle Lichtbogeninitiierung und die Lichtbogenstabilität erhöhen die Produktionseffizienz.

Prozessanforderungen: Schweißnähte mit hoher Effizienz und hoher Konsistenz.

Vorteile der Elektroden: Hohe Temperaturbeständigkeit und lange Lebensdauer senken die Produktionskosten.

### **Technischer Ablauf**

Elektrodenauswahl: Elektrode mit mittlerem Durchmesser (1,6 ~ 3,2 mm).

Schweißverfahren: WIG-Schweißen, automatisierte Produktionslinie.

Qualitätskontrolle: Sichtprüfung und Ultraschallprüfung.

### **Einflussfaktoren**

Produktionsgeschwindigkeit: Bringen Sie Effizienz und Qualität in Einklang.

Elektrodenqualität: Beeinflusst die Stabilität und Lebensdauer des Lichtbogens.

Automatisierungsgrad: Beeinflusst die Konsistenz der Schweißnaht.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Elektrodenoptimierung: Elektroden mit hoher Haltbarkeit.

Automatisierungstechnik: Roboter-Schweißanlage.

Prozessüberwachung: Echtzeit-Erfassung der Schweißqualität.

### **Zukunftstrends**

Schweißen aus leichten Materialien: Geeignet für Aluminiumlegierungen und Verbundwerkstoffe.

Intelligente Produktionslinie: Verbessern Sie die Produktionseffizienz.

Grüne Technologie: energiesparende Schweißgeräte.

## **5.3.3 Energie und Chemikalien**

### **Hintergrund der Anwendung:**

Die Energie- und Chemieindustrie muss korrosionsbeständige Materialien (wie Edelstahl, Nickelbasislegierungen) für Rohrleitungen, Reaktoren usw. schweißen. Die hohe

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

Temperaturbeständigkeit und Stabilität von Cer-Wolfram-Elektroden erfüllen anspruchsvolle Anforderungen.

Prozessanforderungen: hohe Korrosionsbeständigkeit und Schweißnahtfestigkeit.  
Elektrodenvorteil: Stabil bei hohem Wärmeeintrag.

#### **Technischer Ablauf**

Elektrodenauswahl: Elektrode mit großem Durchmesser (2,0 ~ 4,0 mm).  
Schweißverfahren: WIG- oder Plasma-Lichtbogenschweißen.  
Qualitätskontrolle: Die zerstörungsfreie Prüfung sichert die Schweißqualität.

#### **Einflussfaktoren**

Materialeigenschaften: Korrosionsbeständige Werkstoffe müssen stark geschützt werden.  
Elektrodenqualität: Beeinflusst die Stabilität und Lebensdauer des Lichtbogens.  
Umgebungsbedingungen: Notwendigkeit, korrosive Gasinterferenzen zu verhindern.

#### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Elektrodenoptimierung: Hochleistungselektroden.  
Gasmanagement: Schutz vor hochreinem Gas.  
Prozessüberwachung: Echtzeit-Erfassung der Schweißqualität.

#### **Zukunftstrends**

Schweißen aus Superlegierungen: Erfüllen Sie die Anforderungen neuer Materialien.  
Intelligente Steuerung: Optimierung der Schweißparameter.  
Grüne Technologie: energiesparende Geräte.

### **5.3.4 Herstellung von Medizinprodukten**

#### **Hintergrund der Anwendung:**

Die Herstellung medizinischer Geräte erfordert hochpräzises Schweißen, wie z. B. chirurgische Instrumente aus Edelstahl und Titanimplantate. Durch ihre geringe Lichtbogenleistung bei niedrigen Strömen eignen sich Cer-Wolfram-Elektroden für das Schweißen von Mikrokomponenten.

Prozessanforderungen: ultrahochpräzise, umweltfreundliche Schweißnähte.  
Vorteile der Elektrode: geringer Wärmeeintrag und Lichtbogenstabilität.

#### **Technischer Ablauf**

Elektrodenauswahl: Elektrode mit kleinem Durchmesser (0,5 ~ 1,0 mm).  
Schweißverfahren: Mikro-WIG- oder Plasma-Lichtbogenschweißen.  
Qualitätskontrolle: mikroskopische Prüfung und zerstörungsfreie Prüfung.

#### **Einflussfaktoren**

Materialeigenschaften: Titanlegierungen erfordern einen starken Gasschutz.  
Elektrodenqualität: Beeinflusst die Lichtbogenstabilität.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Umweltkontrolle: Eine staubfreie Umgebung gewährleistet die Qualität.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Elektrodenoptimierung: nanodotierte Elektroden.

Gasmanagement: Schutz vor hochreinem Argon.

Automatisierungstechnik: Mikroschweißroboter.

### **Zukunftstrends**

Mikroschweißtechnologie: Erfüllt die Anforderungen von Implantaten.

Intelligente Steuerung: Optimierung der Schweißparameter.

Grüne Technologie: energiesparende Geräte.

## **5.4 Spezielle Anwendungsfälle von Cer-Wolfram-Elektroden**

Im Folgenden wird die Anwendung von Cer-Wolfram-Elektroden in bestimmten Szenarien analysiert, wobei der Schwerpunkt auf dem Prozesshintergrund und den Prinzipien liegt, um übermäßige experimentelle Daten zu vermeiden.

### **5.4.1 Schweißen von Edelstahl und Titanlegierungen**

#### **Hintergrund der Anwendung:**

Das Schweißen von Edelstahl und Titanlegierungen erfordert eine hohe Präzision und einen starken Gasschutz, und Cer-Wolfram-Elektroden werden aufgrund ihrer hervorragenden Lichtbogeninitiierungsleistung und Lichtbogenstabilität häufig in solchen Schweißverfahren in der Luft- und Raumfahrt und in der Medizin eingesetzt.

Verfahrensprinzip: Das WIG-Schweißen nutzt die geringe Elektronenausstrittsarbeit der Cer-Wolfram-Elektrode für einen schnellen Lichtbogen, und der Argongasschutz verhindert die Oxidation des Materials.

Technischer Fluss: Elektrode mit kleinem Durchmesser (1,0 ~ 2,0 mm), scharfer Kegelwinkel, gepulster Strom steuert den Wärmeeintrag.

Einflussfaktoren: Die hohe Aktivität des Materials erfordert einen hochreinen Gasschutz, und die Qualität der Elektrode beeinflusst die Lichtbogenstabilität.

Optimierungsstrategie: Verwenden Sie Hochleistungselektroden, optimieren Sie den Gasfluss und führen Sie automatisiertes Schweißen ein.

Zukunftstrends: intelligente Schweißtechnik und neue Elektrodenentwicklung.

### **5.4.2 Löten von mikroelektronischen Bauteilen**

#### **Hintergrund der Anwendung:**

Mikroelektronische Komponenten (z. B. Chip-Pins) müssen mit extrem niedrigem Strom gelötet werden, und die Lichtbogenleistung von Cer-Wolfram-Elektroden bei niedrigem Strom erfüllt die Anforderungen.

Verfahrensprinzip: Beim Mikro-WIG-Schweißen wird durch einen feinen Lichtbogen ein hochpräzises Schweißen erzielt, wodurch die Wärmeeinflusszone reduziert wird.

Technischer Ablauf: Elektrode mit ultrakleinem Durchmesser (0,5 mm), scharfer Kegelwinkel,

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

Argonschutz.

Einflussfaktoren: Die Elektrodenqualität und die Gasreinheit beeinflussen die Schweißqualität.

Optimierungsstrategie: Verwenden Sie nanodotierte Elektroden, um den Pulsstrom zu optimieren.

Zukunftstrend: Ultra-Niedrigstrom-Schweißtechnik und intelligente Steuerung.

### 5.4.3 Schweißen von Hochspannungskabelbäumen

#### Hintergrund der Anwendung:

Das Schweißen von Hochspannungskabelbäumen erfordert eine hohe Festigkeit und Leitfähigkeit, und die Lichtbogenstabilität der Cer-Wolfram-Elektrode ist für das Schweißen von Kupferlegierungen geeignet.

Verfahrensprinzip: Das WIG-Schweißen gewährleistet die Festigkeit und Leitfähigkeit der Schweißnaht durch Stabilisierung des Lichtbogens.

Technischer Fluss: Elektrode mit mittlerem Durchmesser (1,6 ~ 2,4 mm), Argonschutz, automatischer Drahtvorschub.

Einflussfaktoren: Die hohe Wärmeleitfähigkeit von Kupfer erfordert eine Optimierung von Strom und Gas.

Optimierungsstrategie: Einsatz von Hochleistungselektroden und Einführung des Roboterschweißens.

Zukunftstrends: hocheffiziente Schweißtechnik und grüne Prozesse.



#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

CTIA GROUP LTD  
**Cerium Tungsten Electrode Introduction**

**1. Overview of Cerium Tungsten Electrode**

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO<sub>2</sub>). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

**2. Features of Cerium Tungsten Electrode**

**Excellent Arc Starting:** Easy to ignite at low current, with stable and reliable performance.

**Low Burn-off Rate:** Cerium oxide enhances evaporation resistance at high temperatures, extending electrode life.

**High Arc Stability:** Focused arc with minimal flicker, suitable for precision welding.

**Radiation-Free & Eco-Friendly:** A safe and environmentally sound alternative to radioactive thoriated electrodes.

**3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode**

Type	CeO <sub>2</sub> Content	Color Code	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

**4. Applications of Cerium Tungsten Electrode**

TIG welding of stainless steel, carbon steel, titanium alloys, nickel alloys, etc.

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

Low-current plasma arc cutting and high-frequency ignition systems

**5. Procurement Information**

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: [www.tungsten.com.cn](http://www.tungsten.com.cn)

**Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

## Kapitel 6 Produktionsanlagen für Cer-Wolfram-Elektroden

Die Herstellung von Cer-Wolfram-Elektroden basiert auf einer Reihe von hochpräzisen und spezialisierten Geräten, von der Rohstoffverarbeitung bis zur Endprüfung bestimmen das Design und die Leistung jedes Glieds direkt die Qualität und Produktionseffizienz der Elektroden. In diesem Kapitel werden systematisch die Schlüsselgeräte erläutert, die am Produktionsprozess von Cer-Wolframelektroden beteiligt sind, und zwar unter fünf Aspekten – Rohstoffverarbeitungsanlagen, pulvermetallurgische Geräte, Verarbeitungsanlagen, Prüf- und Qualitätskontrollgeräte sowie Automatisierung und intelligente Geräte – und analysiert eingehend das Funktionsprinzip, das strukturelle Design, den Betriebsprozess, die Einflussfaktoren, die Optimierungsstrategien und die zukünftigen Entwicklungstrends jeder Ausrüstung.

### 6.1 Anlagen zur Verarbeitung von Rohstoffen für Cer-Wolfram-Elektroden

Anlagen zur Rohstoffaufbereitung werden zum Mahlen, Sieben und Reinigen von Wolframpulver und Ceroxid eingesetzt, was ein wichtiges Bindeglied ist, um die Qualität der Rohstoffe und die Stabilität der nachfolgenden Prozesse zu gewährleisten. Diese Geräte müssen eine hohe Präzision, einen hohen Wirkungsgrad und geringe Verschmutzungseigenschaften aufweisen, um die hohen Leistungsanforderungen von Cer-Wolfram-Elektroden zu erfüllen.

#### 6.1.1 Wolframpulver-Schleif- und Siebanlagen

##### So funktioniert's:

Wolframpulver-Schleif- und Siebanlagen verarbeiten Wolframpulver durch mechanische Kraft oder Luftstrom auf die gewünschte Partikelgröße (1 ~ 5 Mikrometer) und entfernen große Partikel oder Aggregate durch Siebung, um eine gleichmäßige Partikelgrößenverteilung zu gewährleisten. Mahlanlagen (z. B. Planetenkugelmühlen) nutzen hochenergetische Kollisionen und Reibung, um die Partikelgröße zu reduzieren, während Siebanlagen (z. B. Luftstromsichter) Pulver unterschiedlicher Partikelgrößen aerodynamisch abscheiden. Eine gleichmäßige Partikelgrößenverteilung ist entscheidend für die Partikelbindung und die Elektrodenleistung in nachfolgenden pulvermetallurgischen Prozessen wie Pressen und Sintern.

Mahlprinzip: Die Planetenkugelmühle mahlt Wolframpulver durch Hochgeschwindigkeitskollision und Reibung zwischen der Mahlkugel und dem Pulver auf den Mikrometerbereich. Die hohe Härte und Flugbahn der Schleifkugel bestimmen die Schleifeffizienz und die Partikelform.

Siebprinzip: Der Luftstromsichter verwendet einen Hochgeschwindigkeits-Luftstrom, um Pulverpartikel anzutreiben und Partikel unterschiedlicher Größe durch Zyklonabscheidung oder Zentrifugalkraft zu trennen und eine gleichmäßige Verteilung zu gewährleisten.

Gerätevorteile: Hochpräzise Schleif- und Siebgeräte können die Sinteraktivität von Wolframpulver verbessern, die Dichte und mechanische Festigkeit der Elektrode optimieren.

##### Baustatik

##### Planeten-Kugelmühlen:

Hauptkomponenten: Schleifwanne, Schleifkugel (Zirkonoxid oder Wolframkarbid), Planetenscheibe, Motor und Steuerung.

##### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

**Konstruktionsmerkmale:** Der Mahlbehälter ist aus Edelstahl oder Keramik mit hoher Härte gefertigt, um eine Kontamination zu verhindern. Planetenscheiben bieten komplexe Bewegungsbahnen durch mehrachsige Drehung und verbessern so die Schleifeffizienz. Die Steuerung ist mit einem Frequenzumrichter ausgestattet, um die Drehzahl präzise einzustellen.

**Umweltanforderungen:** Der Mahlprozess sollte in einer Umgebung mit hochreinem Stickstoff oder Argongas (Reinheit  $\geq 99,999\%$ ) durchgeführt werden, um eine Oxidation zu verhindern.

#### **Luftstrom-Sichter:**

**Hauptkomponenten:** Zuführsystem, Sichterrad, Zyklon, Filter und Luftstromregelungssystem.

**Konstruktionsmerkmale:** Die Sortierräder bestehen aus verschleißfesten Keramikmaterialien und sind beständig gegen Stöße mit hoher Luftströmung. Der Zyklonabscheider verbessert die Abscheidegenauigkeit durch einen mehrstufigen Aufbau. Das Luftstromregelungssystem ist mit hochpräzisen Sensoren ausgestattet, die die Luftströmungsgeschwindigkeit in Echtzeit überwachen.

**Umweltanforderungen:** Der Sortierprozess sollte in einem Reinraum (ISO-Stufe 5, Partikelkonzentration  $< 3520$  Partikel/m<sup>3</sup>) durchgeführt werden, um Staubbelastungen zu vermeiden.

#### **Ablauf der Bedienung**

##### **Schleifprozess:**

Geben Sie das Wolframpulver in den Mahlbehälter, fügen Sie die Mahlkugel hinzu (Kugel-Material-Verhältnis 10:1 ~ 20:1), versiegeln Sie sie und legen Sie sie auf die Planetenscheibe.

Stellen Sie die Drehzahl (200~500 U/min) und die Schleifzeit (mehrere Stunden) ein und starten Sie das Gerät.

Nach dem Mahlen wird das Pulver durch ein Sieb gefiltert, um große Partikel zu entfernen.

##### **Ablauf des Screenings:**

Das gemahlene Wolframpulver wird in den Luftstromsichter eingespeist und gleichmäßig durch das Zuführsystem verteilt.

Passen Sie die Luftstromgeschwindigkeit und die Drehzahl des Stierrads an, um das Pulver mit der Zielpartikelgröße zu trennen.

Sammeln Sie qualifizierte Pulver und lagern Sie sie in luftdichten Behältern.

**Nachbearbeitung:** Das gemahlene und gesiebte Wolframpulver wird mit einem Laser-Partikelgrößenanalysator detektiert, um die Einhaltung der Anforderungen sicherzustellen.

#### **Details zur Handwerkskunst**

**Mahlparameter:** Drehzahl, Mahlzeit und Granulat-zu-Material-Verhältnis sollten entsprechend der angestrebten Partikelgröße optimiert werden. Eine zu hohe Drehzahl kann zur Zerkleinerung oder Kontamination von Partikeln führen, und eine zu niedrige Drehzahl kann die Effizienz verringern.

**Auswahl der Schleifkugel:** Zirkonoxid-Schleifkugel hat eine hohe Härte und eine gute Verschleißfestigkeit, geeignet für das Schleifen von hochreinem Wolframpulver. Hartmetall-Schleifkugeln eignen sich für die Großserienproduktion.

**Luftstromregelung:** Der Sichter muss mit einem hochpräzisen Luftstromregler ausgestattet sein, um die Stabilität der Luftströmung und die Abscheidegenauigkeit zu gewährleisten.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Umweltkontrolle: Die Schleif- und Siebwerkstatt muss eine niedrige Luftfeuchtigkeit (<20 %) und eine staubfreie Umgebung einhalten, um eine Feuchtigkeitsaufnahme oder Kontamination des Pulvers zu verhindern.

### **Einflussfaktoren**

Genauigkeit der Ausrüstung: Die Genauigkeit der Drehzahlregelung des Zerkleinerers und die Luftströmungsstabilität des Sortierers beeinflussen die Partikelgrößenverteilung.

Material der Schleifkugel: Die Härte und chemische Stabilität der Schleifkugel beeinflussen die Reinheit des Pulvers.

Pulvereigenschaften: Die anfängliche Partikelgröße und Morphologie des Wolframpulvers beeinflussen die Mahleffizienz.

Umgebungsbedingungen: Feuchtigkeit, Sauerstoffgehalt und Staub können zu Pulveroxidation oder -agglomeration führen.

Betriebsspezifikationen: Die Parametereinstellungen des Bedieners und der Wartungsgrad der Ausrüstung wirken sich auf die Leistung der Geräte aus.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Ausrüstungs-Upgrade: Nehmen Sie eine hochpräzise Planetenkugelmühle an, die mit einer Frequenzumwandlungssteuerung und einem Echtzeitüberwachungssystem ausgestattet ist, um die Mahleffizienz zu verbessern.

Optimierung der Schleifkugel: Wählen Sie Schleifkugeln mit hoher Härte und geringer Verschmutzung, um die Pulverkontamination zu reduzieren.

Optimierung der Luftstromklassifizierung: Verwenden Sie einen mehrstufigen Zyklonabscheider, um die Abscheidegenauigkeit zu verbessern.

Umweltmanagement: Ausgestattet mit hocheffizienten Filtersystemen und Feuchtigkeitskontrollgeräten, um eine saubere Umgebung zu gewährleisten.

Datenanalyse: Aufbau einer Datenbank mit Schleif- und Siebparametern und Optimierung der Prozessparameter durch Datenanalyse.

### **Zukunftstrends**

Nanoskalige Mahltechnologie: Entwicklung ultrahochpräziser Kugelmühlen, die für nanoskaliges Wolframpulver (<100 nm) geeignet sind, um die Anforderungen von Hochleistungselektroden zu erfüllen.

Intelligentes Equipment: Echtzeitüberwachung von Schleif- und Siebprozessen durch künstliche Intelligenz und Sensorik, dynamische Anpassung von Parametern.

Grüne Technologie: Entwicklung energiesparender Schleifgeräte und recycelbarer Luftstromsysteme, um die Umweltbelastung zu reduzieren.

Neue Sortieranlagen: wie z. B. Zentrifugal-Nanoklassifikatoren, mit denen eine präzisere Partikelgrößenkontrolle erreicht werden kann.

## **6.1.2 Anlagen zur Reinigung von Ceroxiden**

### **So funktioniert's:**

Ceroxid-Reinigungsanlagen extrahieren hochreines Ceroxid (Reinheit  $\geq 99,9\%$ ) aus Seltenerdzerzen

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

durch Schritte wie chemisches Auflösen, Extraktion und Rösten. Zur Hauptausrüstung gehören eine Flotationsmaschine, ein Auflösungsbecken, eine Extraktionsanlage und ein Röstofen. Diese Geräte arbeiten zusammen, um seltene Mineralien in Cerverbindungen zu trennen, die anschließend zu Ceroxidpulver gereinigt werden, um sicherzustellen, dass sie die Dotierungsanforderungen von Cer-Wolfram-Elektroden erfüllen.

**Flotationsprinzip:** Die Flotationsmaschine trennt seltene Mineralien durch Blasen und Flotationsmittel, um hochwertiges Cerkonzentrat zu erhalten.

**Extraktionsprinzip:** Die Extraktionsanlage verwendet organische Lösungsmittel (wie P204 oder P507), um Cer-Ionen selektiv zu trennen und eine hochreine Cerlösung zu bilden.

**Röstprinzip:** Der Röstofen wandelt Cerverbindungen durch hohe Temperatur (800 ~ 1000 °C) in Ceroxid um, um die Partikelmorphologie und -reinheit zu optimieren.

## **Baustatik**

### **Flotationsmaschine:**

**Hauptkomponenten:** Flotationstank, Rührwerk, Blasengenerator und Gülleaufbereitungssystem.

**Konstruktionsmerkmale:** Der Flotationsbehälter besteht aus korrosionsbeständigem Edelstahl, und das Rührwerk optimiert die Schlammdispersierung durch Frequenzumwandlungssteuerung. Der Blasengenerator verbessert die Gleichmäßigkeit der Blase durch ein mikroporöses Design.

**Umweltanforderungen:** Die Flotationswerkstatt sollte mit Lüftungs- und Abwasserbehandlungssystemen ausgestattet sein, um eine Kontamination mit chemischen Reagenzien zu verhindern.

### **Extraktionsanlagen:**

**Hauptkomponenten:** Extraktionstank, Phasentrenner, Pumpsystem und Lösungsmittelzirkulationssystem.

**Konstruktionsmerkmale:** Der Extraktionstank nimmt ein mehrstufiges Design an, um die Abscheideeffizienz zu verbessern. Der Phasentrenner trennt die organische und die wässrige Phase durch Schwerkraft oder Zentrifugalkraft.

**Umweltanforderungen:** Es sollte in einer geschlossenen Umgebung betrieben werden, um eine Verflüchtigung des Lösungsmittels zu verhindern.

### **Röstofen:**

**Hauptkomponenten:** Heizelement (Molybdän oder Keramik), Ofenkörper, Atmosphärenkontrollsystem und Kühlsystem.

**Konstruktionsmerkmale:** Der Ofenkörper besteht aus hochtemperaturbeständigen Materialien, und das Atmosphärenkontrollsystem sorgt für eine gleichmäßige Verteilung von Sauerstoff oder Luft. Kühlsysteme reduzieren die thermische Belastung durch Wasser- oder Luftkühlung.

**Umweltanforderungen:** Die Rösterei muss sauber gehalten werden (ISO-Stufe 6), um Staubbelastung zu vermeiden.

## **Ablauf der Bedienung**

### **Flotationsverfahren:**

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

Das Seltenerdmetall wird zerkleinert und gemahlen und in den Flotationstank geleitet, wobei das Flotationsmittel und das Wasser hinzugefügt werden, um eine Aufschlammung zu bilden. Starten Sie das Rührwerk und den Blasengenerator, um das Cerkonzentrat abzutrennen. Das Konzentrat wird aufgefangen und das Abwasser durch eine Aufbereitungsanlage recycelt.

#### **Extraktionsprozess:**

Cerkonzentrat wird in Säure (Schwefel- oder Salzsäure) gelöst, um eine seltene Lösung zu bilden. Die Lösung kommt durch den Extraktionstank mit dem organischen Lösungsmittel in Kontakt, um die Cer-Ionen zu trennen.

Nach der Phasentrennung wird die Cerlösung aufgefangen und der Fällungsschritt eingegeben.

#### **Röstverfahren:**

Die Cerlösung wird ausgefällt, um Cercarbonat oder Ceroxalat zu bilden.

Der Niederschlag wird in einen Röstofen geleitet, wo er bei hohen Temperaturen zu Ceroxidpulver geröstet wird.

Nach dem Abkühlen wird das Pulver aufgefangen und in einem luftdichten Behälter gelagert.

#### **Details zur Handwerkskunst**

Flotationsparameter: Die Schlammkonzentration (20 % 30 %), der pH-Wert (68) und das Flotationsmittelverhältnis müssen optimiert werden, um die Cerausbeute zu verbessern.

Extraktionsparameter: Die Konzentration des Extraktionsmittels und die Anzahl der Extraktionsschritte beeinflussen die Abscheideleistung und müssen durch Experimente optimiert werden.

Kalzinationsparameter: Die Rösttemperatur und die Atmosphäre müssen kontrolliert werden, um Veränderungen der Kristallform oder das Einbringen von Verunreinigungen zu vermeiden.

Umweltkontrolle: Die Reinigungswerkstatt muss eine niedrige Luftfeuchtigkeit (<20 %) und eine saubere Umgebung einhalten, um eine Pulverkontamination zu verhindern.

#### **Einflussfaktoren**

Präzision der Ausrüstung: Die Regelgenauigkeit von Flotationsmaschinen und Extraktionsgeräten wirkt sich auf die Reinigungseffizienz aus.

Rohstoffqualität: Der Cergehalt und die Reinigungsverteilung von Seltenerzen beeinflussen die Schwierigkeit der Reinigung.

Umgebungsbedingungen: Feuchtigkeit und Staub können zu einer Feuchtigkeitsaufnahme oder Kontamination durch Pulver führen.

Betriebsspezifikationen: Parametereinstellungen und Gerätewartungsstufen beeinflussen die Reinigungsqualität.

#### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Aufrüstung der Ausrüstung: Hochpräzise Flotationsmaschine und mehrstufige Extraktionsgeräte werden eingesetzt, um die Reinigungseffizienz zu verbessern.

Lösungsmitteloptimierung: Wählen Sie Extraktionsmittel mit hoher Effizienz und geringer Toxizität, um die Umweltverschmutzung zu reduzieren.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Optimierung der Röstung: Verwenden Sie Dreh- oder Schubplattenröstöfen, um eine gleichmäßige Erwärmung zu gewährleisten.

Umweltmanagement: Ausgestattet mit effizienten Abwasser- und Abgasreinigungssystemen, um die Anforderungen des Umweltschutzes zu erfüllen.

Datenanalyse: Aufbau einer Datenbank mit Reinigungsparametern und Optimierung der Prozesseinstellungen.

### **Zukunftstrends**

Biologische Reinigungstechnologie: Verwendung von Mikroorganismen zur Auslaugung von Cer und Reduzierung des Einsatzes chemischer Reagenzien.

Intelligente Geräte: Echtzeitüberwachung des Reinigungsprozesses durch Sensoren und künstliche Intelligenz.

Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Bratöfen und Lösemittelrückgewinnungssystemen.

Neue Geräte, wie z. B. Mikrowellen-Bratöfen, verbessern die Gleichmäßigkeit und Effizienz der Heizung.

## **6.2 Pulvermetallurgische Anlagen für Cer-Wolfram-Elektroden**

Pulvermetallurgische Anlagen werden zur Verarbeitung von Wolframpulver und Ceroxid zu Knüppeln mit hoher Dichte eingesetzt, darunter Mischer, hydraulische Pressen, isostatische Pressanlagen und Hochtemperatur-Sinteröfen. Diese Geräte müssen eine gleichmäßige Partikelverteilung und Verdichtung des Knüppels gewährleisten.

### **6.2.1 Mischmaschine und Dopingausrüstung**

#### **So funktioniert's:**

Der Mischer mischt Wolframpulver, Ceroxid und Additiv gleichmäßig durch mechanisches Rühren oder dreidimensionale Bewegung, und die Dotierungsanlage erreicht eine gleichmäßige Verteilung von Ceroxid durch Nass- oder Trockenverfahren. Eine gleichmäßige Partikelverteilung ist entscheidend für die Korngrenzstruktur und die Elektrodenleistung während des Sinterns.

Mischprinzip: Der dreidimensionale Mischer dispergiert die Partikel durch mehrachsige Bewegung vollständig, um eine Entmischung zu vermeiden.

Dopingprinzip: Die Nassdotierung wird durch Sprühtrocknung zu Kompositpartikeln gebildet, und die Trockendotierung wird durch hochintensives Rühren erreicht, um eine gleichmäßige Durchmischung zu erreichen.

### **Baustatik**

#### **3D-Mischmaschine:**

Hauptkomponenten: Mischzylinder, Antriebsmotor, Frequenzumrichter und Dichtungssystem.

Konstruktionsmerkmale: Die Mischtrommel besteht aus Edelstahl oder Keramik, um eine Kontamination zu verhindern. Der Frequenzumrichter bietet eine mehrstufige Drehzahlregelung, um die Mischeffizienz zu optimieren.

Umgebungsanforderungen: Betrieb in einer Umgebung mit hochreinem Stickstoff (Reinheit

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

≥99,999 %).

Sprühtrockner (Nassdotierung):

Hauptkomponenten: Düse, Trockenkammer, Zyklonabscheider und Luftstromregelung.

Konstruktionsmerkmale: Die Düse aus korrosionsbeständigem Keramikmaterial und die Trockenkammer sorgt durch mehrstufige Erwärmung für eine gleichmäßige Trocknung.

Umgebungsanforderungen: Betrieb in einem Reinraum (ISO-Stufe 5).

### **Ablauf der Bedienung**

#### **Mischverfahren:**

Wolframpulver, Ceroxid und Additive werden in den Mischeimer geladen.

Stellen Sie die Geschwindigkeit und die Mischzeit ein und starten Sie das Gerät.

Nach dem Mischen wird das Pulver durch ein Sieb gefiltert, um eine Gleichmäßigkeit zu gewährleisten.

#### **Dopingverfahren (Nassverfahren):**

Ceroxid in Lösung auflösen, Wolframpulver zu einer Suspension hinzufügen.

Kompositpartikel werden durch einen Sprühtrockner geformt und mit Wolframpulver vermischt.

Sammeln Sie das Pulver und bewahren Sie es in einem luftdichten Behälter auf.

### **Details zur Handwerkskunst**

Mischparameter: Die Drehzahl (50~200 U/min) und die Zeit (mehrere Stunden) müssen optimiert werden, um übermäßiges Mahlen zu vermeiden.

Parameter für die Sprühtrocknung: Düsenöffnung, Vorschubgeschwindigkeit und Trocknungstemperatur müssen präzise gesteuert werden, um eine gleichmäßige Partikelmorphologie zu gewährleisten.

Umweltkontrolle: Das Mischen und Dotieren sollte in einer Umgebung mit niedrigerer Luftfeuchtigkeit (<20 %) durchgeführt werden.

### **Einflussfaktoren**

Präzision der Ausrüstung: Die Drehzahlregelung des Mixers und die Luftströmungsstabilität des Sprühtrockners beeinflussen die Gleichmäßigkeit.

Pulvereigenschaften: Die Dichte und Morphologie der Partikel beeinflussen den Mischeffekt.

Umgebungsbedingungen: Feuchtigkeit und Sauerstoffgehalt können zur Pulveroxidation führen.

Betriebsspezifikationen: Die Einstellung der Parameter und die Wartung der Anlage beeinflussen die Mischqualität.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Geräte-Upgrade: Nehmen Sie einen hochpräzisen dreidimensionalen Mischer und Sprühtrockner an.  
Prozessoptimierung: Zur Verbesserung der Gleichmäßigkeit wird die bevorzugte Nassdotierung eingesetzt.

Umweltmanagement: Ausgestattet mit hocheffizienten Filter- und Feuchtigkeitskontrollsystemen.

Datenanalyse: Aufbau einer Datenbank mit Mischparametern und Optimierung des Prozesses.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

## **Zukunftstrends**

Ultraschallmischung: Verbessert die Partikeldispersion durch hochfrequente Vibrationen.

Intelligentes Equipment: Optimieren Sie Mischparameter durch künstliche Intelligenz.

Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Mischanlagen.

Neue Ausrüstung: wie z. B. Wirbelschichtmischer zur Verbesserung der Mischeffizienz.

## **6.2.2 Hydraulische Pressen und isostatische Presseinrichtungen**

### **So funktioniert's:**

Hydraulische Pressen pressen Pulver mechanisch, um erste Knüppel zu bilden, während isostatische Pressanlagen (CIP) die Knüppeldichte verbessern und die Sinterleistung durch gleichmäßig hohen Druck (Hunderte von Megapascal) optimieren.

Prinzip der hydraulischen Presse: Durch das Hydrauliksystem wird ein Einwegdruck ausgeübt, um das Pulver zu einem Knüppel zu verdichten.

Isostatisches Pressprinzip: Durch ein flüssiges Medium wird isotroper Druck ausgeübt, um eine gleichmäßige Dichte des Knüppels zu gewährleisten.

## **Baustatik**

### **Hydraulische Pressen:**

Hauptkomponenten: Hydraulikzylinder, Form, Steuerung und Sicherheitsvorrichtung.

Konstruktionsmerkmale: Der Hydraulikzylinder liefert einen hohen Druck (100 ~ 500 MPa) und die Form besteht aus Stahl mit hoher Härte. Das Steuerungssystem ist mit Drucksensoren ausgestattet, um die Genauigkeit zu gewährleisten.

Umweltanforderungen: Er muss in einer sauberen Umgebung betrieben werden, um eine Kontamination des Pulvers zu verhindern.

### **Isostatische Pressausrüstung:**

Hauptkomponenten: Druckbehälter, Gummiform, Pumpsystem und Vakuumsystem.

Konstruktionsmerkmale: Der Druckbehälter besteht aus hochfestem legiertem Stahl und die Gummiform weist eine hohe Elastizität auf. Das Vakuumsystem sorgt dafür, dass keine Luftblasen entstehen.

Umgebungsanforderungen: Betrieb in einer Umgebung mit geringer Luftfeuchtigkeit.

## **Ablauf der Bedienung**

### **Hydraulischer Pressprozess:**

Das gemischte Pulver wird in die Form geladen und in die hydraulische Presse gegeben.

Stellen Sie den Druck und die Haltezeit ein, um mit dem Drücken zu beginnen.

Entfernen Sie den Rohling und prüfen Sie ihn auf Dichte und Defekte.

### **Isostatischer Pressprozess:**

Das Pulver wird in eine Gummiform geladen und in einen Druckbehälter gegeben.

Hochdruckflüssigkeit einspritzen und isotropen Druck ausüben.

Entfernen Sie den Rohling und lagern Sie ihn in einer trockenen Umgebung.

### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

### Details zur Handwerkskunst

Druckregelung: Optimieren Sie die Druckstärke und die Haltezeit, um Risse oder ungleichmäßige Dichte zu vermeiden.

Formdesign: Die Form und Elastizität der Form beeinflussen die Qualität des Knüppels.

Umweltkontrolle: Die Presswerkstatt muss staubfrei und mit geringer Luftfeuchtigkeit ausgestattet sein.

### Einflussfaktoren

Präzision der Ausrüstung: Die Genauigkeit der Druckregelung wirkt sich auf die Knüppeldichte aus.

Pulvereigenschaften: Die Fließfähigkeit und die Partikelgrößenverteilung des Pulvers beeinflussen die Presswirkung.

Formqualität: Die Verschleißfestigkeit und Elastizität der Form beeinflussen die Knüppelform.

Betriebsspezifikationen: Die Parametrierung und Wartung der Anlage beeinflussen die Pressqualität.

### Optimieren Sie Ihre Strategie

Ausrüstungs-Upgrade: Nehmen Sie eine hochpräzise hydraulische Presse und CIP-Ausrüstung an.

Werkzeugoptimierung: Verwenden Sie hochelastische und verschleißfeste Werkzeuge.

Prozessüberwachung: Implementieren Sie ein Echtzeit-Drucküberwachungssystem.

Datenanalyse: Aufbau einer Datenbank mit Pressparametern und Optimierung des Prozesses.

### Zukunftstrends

Heißisostatisches Pressen (HIP): Kombiniert hohe Temperatur und Druck, um die Dichte zu erhöhen.

Smart Devices: Optimierte Druckregelung mit Sensoren.

Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Unterdrückungsgeräten.

Neue Ausrüstung: wie z. B. eine Hochfrequenz-Vibrationspressmaschine, reduziert Defekte.

### 6.2.3 Hochtemperatur-Sinterofen (Vakuum-/Atmosphärenofen)

#### So funktioniert's:

Der Hochtemperatur-Sinterofen kombiniert Pulverpartikel zu einer Elektrode mit hoher Dichte bei hoher Temperatur (2000 ~ 2200 °C). Vakuumöfen reduzieren die Oxidation durch eine Niederdruckumgebung und Atmosphärenöfen schützen Partikel mit Wasserstoff oder Inertgasen.

Prinzip des Vakuumsinterns: Niederdruckumgebung ( $10^{-3}$  Pa) reduziert die Verflüchtigung von Ceroxid und bildet feine Körner.

Atmosphärensinterprinzip: hochreiner Wasserstoff (Reinheit  $\geq 99,999\%$ ) als reduzierende Atmosphäre zur Verhinderung von Oxidation.

### Baustatik

#### Vakuum-Sinterofen:

Hauptkomponenten: Ofenkörper, Vakuumpumpe, Heizelement (Molybdän oder Wolfram) und Temperiersystem.

Konstruktionsmerkmale: Der Ofenkörper besteht aus einer hochtemperaturbeständigen Legierung und die Vakuumpumpe sorgt für ein hohes Vakuumniveau. Das Temperiersystem hat eine hohe

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Genauigkeit (Abweichung  $<\pm 10^{\circ}\text{C}$ ).

Umweltanforderungen: Arbeiten Sie in einer sauberen Umgebung.

### **Atmosphären-Sinterofen:**

Hauptkomponenten: Ofenkörper, Gaszirkulationssystem, Heizelement und Taupunktkontrollsystem.

Konstruktionsmerkmale: Das Gaszirkulationssystem sorgt für eine homogene Atmosphäre und das Taupunktkontrollsystem hält einen niedrigen Feuchtigkeitsgehalt ( $<-40^{\circ}\text{C}$ ) aufrecht.

Umweltanforderungen: Ein Abgasnachbehandlungssystem ist erforderlich.

### **Ablauf der Bedienung**

#### **Vakuum-Sinter-Prozess:**

Legen Sie den Knüppel auf den Ofenkörper und starten Sie die Vakuumpumpe, um das Zielvakuum zu erreichen.

Auf Sintertemperatur erhitzen, mehrere Stunden warm halten und langsam abkühlen lassen.

Überprüfen Sie die Dichte und Struktur der Elektroden und lagern Sie sie in verschlossenen Behältern.

#### **Prozess des Atmosphärensinterns:**

Der Knüppel wird in den Ofenkörper eingelegt und hochreiner Wasserstoff wird eingespritzt.

Auf Sintertemperatur erhitzen, warm und kühl halten.

Überprüfen Sie die Qualität der Elektroden und lagern Sie sie in einer trockenen Umgebung.

### **Details zur Handwerkskunst**

Temperaturregelung: Sorgen Sie für eine gleichmäßige Temperatur im Ofen, um eine übermäßige Korngröße zu vermeiden.

Atmosphärenmanagement: Wasserstofffluss und Taupunkt müssen präzise gesteuert werden.

Abkühlgeschwindigkeit: Langsames Abkühlen vermeidet thermische Belastungen.

### **Einflussfaktoren**

Präzision der Ausrüstung: Die Genauigkeit der Temperaturregelung und der Vakuumregelung beeinflussen die Sinterqualität.

Reinheit der Atmosphäre: Feuchtigkeit oder Sauerstoff im Gas können Oxidation verursachen.

Knüppeleigenschaften: Die Dichte und die Dotierungsgleichmäßigkeit des Knüppels beeinflussen den Sintereffekt.

Betriebsspezifikationen: Parametereinstellungen und Wartungsstufen wirken sich auf die Geräteleistung aus.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Geräte-Upgrade: Nehmen Sie ein hochpräzises Temperaturregelungs- und Vakuumsystem an.

Atmosphärenoptimierung: Verwendung von hochreinem Wasserstoff und Taupunktregelung.

Prozessüberwachung: Implementieren Sie eine Echtzeit-Temperatur- und Atmosphärenüberwachung.

Datenanalyse: Aufbau einer Datenbank mit Sinterparametern und Optimierung des Prozesses.

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

## **Zukunftstrends**

Plasmasintern (SPS): Schnelles Sintern durch gepulsten Strom.

Intelligentes Equipment: Optimieren Sie die Sinterparameter durch künstliche Intelligenz.

Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Sinteröfen.

Neue Ausrüstung: Wie z. B. ein Mikrowellen-Sinterofen, verbessert die Gleichmäßigkeit der Heizung.

## **6.3 Verarbeitungsanlagen für Cer-Wolfram-Elektroden**

Verarbeitungsanlagen werden verwendet, um gesinterte Knüppel zu Standardelektroden zu verarbeiten, einschließlich Kalandern, Ziehmaschinen, Schleifmaschinen, Poliermaschinen und Schneidgeräten. Diese Geräte müssen die geometrische Genauigkeit und Oberflächenqualität der Elektroden sicherstellen.

### **6.3.1 Kalandrierung und Ziehmaschine**

#### **So funktioniert's:**

Kalander formen die Knüppel durch hohe Temperatur und mechanische Kraft in Stäbe, und Ziehmaschinen dehnen die Stäbe durch Formen, um Elektroden mit Standarddurchmesser zu bilden.

Kalandrierungsprinzip: Das Heißkalandrieren verbessert die Stabdichte und die mechanische Festigkeit durch mehrere Verformungsdurchgänge.

Ziehprinzip: Das Warmziehen optimiert die Oberflächenqualität und geometrische Genauigkeit durch Formdehnung.

#### **Baustatik**

##### **Kalender:**

Hauptkomponenten: Kalandrierwalze, Heizsystem, Antriebsmotor und Steuerung.

Konstruktionsmerkmale: Die Kalandrierwalzen sind aus Hartmetall oder Keramik gefertigt, das Heizsystem sorgt für gleichmäßig hohe Temperaturen.

Umgebungsanforderungen: Es muss unter Schutzatmosphäre betrieben werden, um Oxidation zu verhindern.

##### **Ziehmaschine:**

Hauptkomponenten: Ziehwerkzeug, Schmiersystem, Traktionsvorrichtung und Steuerung.

Konstruktionsmerkmale: Die Form besteht aus Diamant oder Hartmetall, und das Schmiersystem verwendet Graphitemulsion.

Umweltanforderungen: Arbeiten Sie in einer sauberen Umgebung.

#### **Ablauf der Bedienung**

##### **Prozess des Kalandrierens:**

Der Knüppel wird auf eine hohe Temperatur erhitzt und in einen Kalender gelegt.

Der Stab wird durch mehrere Kalandrierungsdurchgänge geformt und die Oberflächenqualität überprüft.

Nach dem Abkühlen in einer trockenen Umgebung lagern.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

### **Ablauf des Ziehens:**

Die Stange wird erhitzt und durch die Form gezogen.

Tragen Sie Schmiermittel auf, um die Zuggeschwindigkeit zu steuern.

Überprüfen Sie den Elektrodendurchmesser und die Oberflächenqualität.

### **Details zur Handwerkskunst**

Kalandrierungsparameter: Das Ausmaß der Verformung und die Temperatur müssen optimiert werden, um Risse zu vermeiden.

Zeichnungsparameter: Die Porengröße der Form und das Schmiermittelverhältnis beeinflussen die Oberflächenqualität.

Umweltkontrolle: Sorgen Sie für eine schützende Atmosphäre und niedrige Luftfeuchtigkeit.

### **Einflussfaktoren**

Präzision der Ausrüstung: Die Präzision der Walzen und Matrizen beeinflusst die Qualität der Bearbeitung.

Materialeigenschaften: Die Dichte und Härte des Knüppels beeinflussen die Schwierigkeit der Verarbeitung.

Schmiermittelqualität: Beeinflusst die Qualität der gezogenen Oberfläche.

Betriebsspezifikationen: Die Parametrierung und der Wartungsgrad beeinflussen den Bearbeitungseffekt.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Ausrüstungs-Upgrade: Nehmen Sie einen hochpräzisen Kalandrierer und eine Ziehmaschine an.

Werkzeugoptimierung: Verwenden Sie verschleißfeste Formen mit hoher Härte.

Prozessüberwachung: Implementieren Sie ein Echtzeit-Überwachungssystem.

Datenanalyse: Aufbau einer Datenbank mit Verarbeitungsparametern.

### **Zukunftstrends**

Präzisionsbearbeitungstechnik: Entwicklung von Anlagen, die für ultrafeine Elektroden geeignet sind.

Intelligentes Equipment: Optimieren Sie die Verarbeitungsparameter mit Sensoren.

Grüne Technologie: Verwendung von umweltfreundlichen Schmierstoffen und energiesparenden Geräten.

Neue Geräte: wie z. B. eine kontinuierliche Ziehmaschine, verbessern die Effizienz.

## **6.3.2 Präzisionsschleifer und Poliermaschinen**

### **So funktioniert's:**

Präzisionsschleifer erzeugen Kegelwinkel, indem sie Elektroden mit Diamantschleifscheiben schleifen, und Poliermaschinen verbessern die Oberflächengüte und optimieren die Lichtbogenleistung durch mechanisches oder chemisches Polieren.

Schleifprinzip: Die Schleifscheibe trägt Material durch Hochgeschwindigkeitsdrehung ab, wodurch ein präziser Kegelwinkel entsteht.

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

Polierprinzip: Der Polierkopf verbessert die Oberflächengüte durch Reibung oder chemische Einwirkung.

### **Baustatik**

#### **Präzisionsschleifer:**

Hauptkomponenten: Schleifscheibe, Spindel, Kühlsystem und Winkelsteuerungssystem.

Konstruktionsmerkmale: Die Schleifscheibe besteht aus Diamantmaterial und die Spindel bietet eine hochpräzise Drehung.

Umgebungsanforderungen: Beim Arbeiten mit Kühlmittel, um thermische Schäden zu vermeiden.

#### **Poliermaschine:**

Hauptkomponenten: Polierkopf, Polierflüssigkeitssystem und Steuerungssystem.

Designmerkmale: Der Polierkopf besteht aus weichem Material und das Steuerungssystem sorgt für Winkelkonsistenz.

Umweltanforderungen: Arbeiten Sie in einer sauberen Umgebung.

### **Ablauf der Bedienung**

#### **Schleifprozess:**

Die Elektrode wird an der Schleifmaschine befestigt und der Kegelwinkel und die Schleifscheibenparameter werden eingestellt.

Beginnen Sie mit dem Schleifen und sprühen Sie Kühlmittel ein.

Überprüfen Sie den Kegelwinkel und die Oberflächenqualität.

#### **Polierprozess:**

Die polierte Elektrode wird in eine Poliermaschine gelegt und mit Polierflüssigkeit beschichtet.

Beginnen Sie mit dem Polieren, kontrollieren Sie Geschwindigkeit und Zeit.

Überprüfen Sie die Oberflächenbeschaffenheit.

### **Details zur Handwerkskunst**

Auswahl der Schleifscheibe: Die Partikelgröße (200~400 Mesh) muss entsprechend der Elektrodengröße optimiert werden.

Kühlmittelmanagement: Halten Sie niedrige Temperaturen (<30 °C) und hohe Reinheit aufrecht.

Polierparameter: Das Verhältnis und die Geschwindigkeit der Polierflüssigkeit müssen genau gesteuert werden.

### **Einflussfaktoren**

Präzision der Ausrüstung: Die Präzision der Schleifscheibe und des Polierkopfes beeinflusst die Qualität der Bearbeitung.

Eigenschaften der Elektrode: Härte und Mikrostruktur beeinflussen die Schwierigkeit des Schleifens.

Kühlmittelqualität: Beeinflusst die Schleifwirkung und die Oberflächenqualität.

Betriebsspezifikationen: Die Parametrierung und der Wartungsgrad beeinflussen den Bearbeitungseffekt.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

## CTIA GROUP LTD

### Cerium Tungsten Electrode Introduction

#### 1. Overview of Cerium Tungsten Electrode

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO<sub>2</sub>). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

#### 2. Features of Cerium Tungsten Electrode

**Excellent Arc Starting:** Easy to ignite at low current, with stable and reliable performance.

**Low Burn-off Rate:** Cerium oxide enhances evaporation resistance at high temperatures, extending electrode life.

**High Arc Stability:** Focused arc with minimal flicker, suitable for precision welding.

**Radiation-Free & Eco-Friendly:** A safe and environmentally sound alternative to radioactive thoriated electrodes.

#### 3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode

Type	CeO <sub>2</sub> Content	Color Code	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

#### 4. Applications of Cerium Tungsten Electrode

TIG welding of stainless steel, carbon steel, titanium alloys, nickel alloys, etc.

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

Low-current plasma arc cutting and high-frequency ignition systems

#### 5. Procurement Information

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: [www.tungsten.com.cn](http://www.tungsten.com.cn)

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Ausrüstungs-Upgrade: Nehmen Sie eine hochpräzise Schleifmaschine und eine Poliermaschine an.

Optimierung der Scheiben: Verwenden Sie eine Diamantschleifscheibe mit hoher Härte.

Prozessüberwachung: Implementieren Sie ein Echtzeit-Überwachungssystem.

Datenanalyse: Aufbau einer Datenbank mit Verarbeitungsparametern.

### **Zukunftstrends**

Lasergestütztes Schleifen: Verbessert die Bearbeitungsgenauigkeit und -effizienz.

Intelligente Anlagen: Optimierung der Schleifparameter mittels Sensoren.

Grüne Technologie: Verwendung von umweltfreundlichem Kühlmittel und energiesparenden Geräten.

Neue Geräte, wie z. B. Ultraschallpoliermaschinen, verbessern die Oberflächenqualität.

### **6.3.3 Schneid- und Formgebungsgeräte**

#### **So funktioniert's:**

Die Schneidanlage schneidet die Stange per Laser oder Drahterodieren auf die Standardlänge, und die Formgebung korrigiert die Geradheit der Elektrode mit Hilfe einer Vorrichtung.

Schneidprinzip: Beim Laserschneiden wird das Material durch einen hochenergetischen Strahl geschmolzen, beim Drahtschneiden wird das Material durch elektrische Entladung korrodiert.

Formgebungsprinzip: Die Vorrichtung korrigiert die Elektrodenform durch mechanische Kraft.

### **Baustatik**

#### **Laserschneidmaschine:**

Hauptkomponenten: Laser, Fokussiersystem, mobile Plattform und Steuerungssystem.

Konstruktionsmerkmale: Der Laser liefert einen hochenergetischen Strahl und das Fokussiersystem sorgt für Präzision beim Schneiden.

Umgebungsanforderungen: In Kühlmittel oder Schutzatmosphäre arbeiten.

#### **Formgebungs-Ausrüstung:**

Hauptkomponenten: Klemmen, Hydrauliksystem und Steuerung.

Konstruktionsmerkmale: Die Klemme besteht aus hochfesten Materialien und das Hydrauliksystem sorgt für einen gleichmäßigen Druck.

Umweltanforderungen: Arbeiten Sie in einer sauberen Umgebung.

### **Ablauf der Bedienung**

#### **Schneidprozess:**

Befestigen Sie die Stange an der Schneidemaschine und stellen Sie die Schnittparameter ein.

Starten Sie den Laser- oder Drahtschnitt, steuern Sie die Geschwindigkeit und den Weg.

Überprüfen Sie die Qualität der Schnittfläche.

#### **Formgebungsprozess:**

Setzen Sie die Elektrode auf die Vorrichtung und üben Sie eine Korrekturkraft aus.

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

Prüfung auf Geradheit und Oberflächenqualität.

### **Details zur Handwerkskunst**

Schneidparameter: Laserleistung und Schnittgeschwindigkeit müssen optimiert werden, um Wärmeeinflusszonen zu vermeiden.

Vorrichtungsdesign: Die Genauigkeit und Steifigkeit der Vorrichtung beeinflussen den Korrektoreffekt.

Umweltkontrolle: Sorgen Sie für eine schützende Atmosphäre und eine saubere Umgebung.

### **Einflussfaktoren**

Präzision der Ausrüstung: Die Präzision von Lasern und Vorrichtungen beeinflusst die Qualität der Bearbeitung.

Materialeigenschaften: Die Härte und Duktilität der Elektrode beeinflussen die Schwierigkeit der Verarbeitung.

Betriebsspezifikationen: Die Parametrierung und der Wartungsgrad beeinflussen den Bearbeitungseffekt.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Aufrüstung der Ausrüstung: Hochpräzise Laserschneidmaschine und Formgebungsausrüstung werden eingesetzt.

Prozessüberwachung: Implementieren Sie ein Echtzeit-Überwachungssystem.

Datenanalyse: Aufbau einer Datenbank mit Verarbeitungsparametern.

Umweltmanagement: Ausgestattet mit einem effizienten Lüftungssystem.

### **Zukunftstrends**

Femtosekunden-Laserschneiden: Verbesserung der Schnittgenauigkeit und -effizienz.

Intelligentes Equipment: Optimieren Sie die Verarbeitungsparameter mit Sensoren.

Grüne Technologie: Entwicklung energiesparender Schneidgeräte.

Neue Ausrüstung: Wie die elektromagnetische Formgebungsmaschine, verbessert die Korrektoreffizienz.

## **6.4 Prüf- und Qualitätskontrollinrichtungen für Cer-Wolfram-Elektroden**

Inspektions- und Qualitätskontrollgeräte werden verwendet, um die Zusammensetzung, Mikrostruktur und Eigenschaften der Elektroden zu analysieren und sicherzustellen, dass sie die Anforderungen an das Hochleistungsschweißen erfüllen.

### **6.4.1 Zusammensetzungsanalytoren (ICP-MS, RFA usw.)**

#### **So funktioniert's:**

Analytoren weisen Wolfram-, Ceroxid- und Verunreinigungswerte in Elektroden durch Zusammensetzungsspektroskopie oder Massenspektrometrie nach und gewährleisten so Reinheit und Dotierungsgleichmäßigkeit.

ICP-MS-Prinzip: Plasmaionisation der Probe, Massenspektrometer Analysiert die Ionenqualität und

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

erkennt Verunreinigungen im ppm-Bereich.

RFA-Prinzip: Stimulieren Sie die Sonde durch Röntgenstrahlen, analysieren Sie das Fluoreszenzspektrum und erkennen Sie schnell die Komponentenverteilung.

### **Baustatik**

#### **ICP-MS:**

Hauptkomponenten: Plasmagenerator, Massenspektrometer, Probenzuführsystem und Datenanalysesystem.

Konstruktionsmerkmale: Der Plasmagenerator bietet eine Hochtemperatur-Ionisationsumgebung mit hoher Massenspektrometergenauigkeit (ppb-Klasse).

Umgebungsanforderungen: Betrieb in einem Reinraum (ISO-Stufe 5).

#### **RFA:**

Hauptkomponenten: Röntgenröhre, Detektor und Datenverarbeitungssystem.

Konstruktionsmerkmale: Röntgenröhren bieten eine stabile Lichtquelle und eine hohe Detektorauflösung.

Umgebungsanforderungen: Betrieb in einer staubfreien Umgebung.

### **Ablauf der Bedienung**

#### **ICP-MS-Prozess:**

Die Sonde wird in einer sauren Lösung gelöst und in das Plasma eingebracht.

Das Massenspektrometer analysiert die Ionenmasse und generiert Daten zur Zusammensetzung.

Kalibrieren Sie Geräte, um die Inspektionsgenauigkeit zu gewährleisten.

#### **RFA-Prozess:**

Die Sonde wird unter einen Röntgenstrahl gelegt und der Detektor sammelt das Fluoreszenzsignal.

Das Datenverarbeitungssystem analysiert die Verteilung der Komponenten.

### **Details zur Handwerkskunst**

Probenvorbereitung: Stellen Sie sicher, dass die Probenoberfläche sauber und frei von Verunreinigungen ist.

Gerätekalibrierung: Kalibrieren Sie regelmäßig Standardproben, um die Testgenauigkeit sicherzustellen.

Umweltkontrolle: Niedrige Luftfeuchtigkeit und staubfreie Umgebung müssen eingehalten werden.

### **Einflussfaktoren**

Gerätegenauigkeit: Die Auflösung von Spektrometern und Massenspektrometern beeinflusst die Assay-Ergebnisse.

Probenqualität: Oberflächenverunreinigungen oder Inhomogenitäten beeinträchtigen die analytische Genauigkeit.

Betriebsspezifikationen: Kalibrierung und Wartung wirken sich auf die Geräteleistung aus.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

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

Geräte-Upgrade: Hochauflösende ICP-MS und RFA werden eingesetzt.

Probenoptimierung: Optimieren Sie den Probenvorbereitungsprozess.

Prozessüberwachung: Implementieren Sie ein Echtzeit-Datenanalysesystem.

Datenanalyse: Richten Sie eine Datenbank mit Inhaltsstoffen ein und optimieren Sie die Erkennung.

### **Zukunftstrends**

Hochauflösende Analyse: Entwicklung von Geräten, die für die Detektion von nanoskaligen Verunreinigungen geeignet sind.

Intelligente Geräte: Optimieren Sie die Datenanalyse durch künstliche Intelligenz.

Grüne Technologie: Entwicklung energiesparender Analysegeräte.

Neue Geräte: wie Synchrotron-RFA für eine verbesserte Genauigkeit.

## **6.4.2 Geräte zur Erkennung von Mikrostrukturen (REM, TEM)**

### **So funktioniert's:**

Die Rasterelektronenmikroskopie (REM) und die Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) analysieren die Korngröße und Partikelverteilung von Elektroden durch Elektronenstrahlbildung.

REM-Prinzip: Der Elektronenstrahl tastet die Probenoberfläche ab, um ein hochauflösendes Bild zu erzeugen.

TEM-Prinzip: Der Elektronenstrahl dringt in die Probe ein und analysiert die nanoskalige Struktur.

### **Baustatik**

#### **OHNE:**

Hauptkomponenten: Elektronenkanone, Abtastspule, Detektor und Vakuumsystem.

Konstruktionsmerkmale: Die Elektronenkanone liefert einen hochenergetischen Elektronenstrahl und das Vakuumsystem sorgt für eine hohe Auflösung.

Umgebungsanforderungen: Betrieb in einer Hochvakuumumgebung.

#### **HUT:**

Hauptkomponenten: Elektronenkanone, Linsensystem, Probentisch und Bildgebungssystem.

Konstruktionsmerkmale: Das Linsensystem bietet eine hochauflösende Bildgebung und der Probentisch unterstützt die Positionierung im Nanobereich.

Umgebungsanforderungen: Betrieb in einer Ultrahochvakuumumgebung.

### **Ablauf der Bedienung**

#### **REM-Prozess:**

Initiieren Sie einen Elektronenstrahlscan, um ein Oberflächenbild zu erzeugen.

Analysieren Sie die Partikelverteilung und die Korngröße.

#### **TEM-Prozess:**

Ultradünne Proben wurden präpariert und auf dem Probentisch platziert.

Der Elektronenstrahl wird aktiviert, um die Sonde zu durchdringen und ein nanoskaliges Bild zu erzeugen.

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

Analysieren Sie die Kristallstruktur und die Partikelverteilung.

### **Details zur Handwerkskunst**

Probenvorbereitung: Das REM muss oberflächenpoliert werden, das TEM muss ultradünn geschnitten werden.

Gerätekalibrierung: Kalibrieren Sie regelmäßig den Elektronenstrahl und den Detektor.

Umweltkontrolle: Es ist notwendig, eine ultrahochvakuumige und vibrationsfreie Umgebung aufrechtzuerhalten.

### **Einflussfaktoren**

Gerätegenauigkeit: Die Auflösung des Elektronenstrahls und des Detektors beeinflusst die Bildqualität.

Probenqualität: Die Qualität der Oberfläche oder Scheibe wirkt sich auf die Analyseergebnisse aus.

Betriebsspezifikationen: Kalibrierung und Wartung wirken sich auf die Geräteleistung aus.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Geräte-Upgrade: Nehmen Sie hochauflösendes REM und TEM an.

Probenoptimierung: Optimieren Sie den Vorbereitungsprozess, um die Probenqualität zu verbessern.

Prozessüberwachung: Implementieren Sie Echtzeit-Bildgebungsanalysesysteme.

Datenanalyse: Aufbau einer Mikrostrukturdatenbank.

### **Zukunftstrends**

Hochauflösendes TEM: Analysieren Sie nanoskalige Strukturen.

Smart Devices: Optimieren Sie die Bildanalyse mit künstlicher Intelligenz.

Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergiemikroskopen.

Neue Geräte: z. B. Umwelt-REM, geeignet für dynamische Beobachtungen.

### **6.4.3 Leistungsprüfgeräte (Leistungstester für die Lichtbogeninitiierung)**

#### **So funktioniert's:**

Der Leistungstester für die Lichtbogeninitiierung bewertet die Leistung der Elektrode, indem er die Schweißumgebung simuliert, indem er die Lichtbogen Spannung, die Stromstabilität und die Lichtbogendauer misst.

Prüfprinzip: Der Lichtbogen wird durch eine Hochfrequenz-Lichtbogenzündeinrichtung ausgelöst und die elektrischen Parameter werden aufgezeichnet.

Schlüsselindikatoren: Lichtbogenstartspannung, Lichtbogenstabilität und Lebensdauer der Elektrode.

#### **Baustatik**

Hauptkomponenten: Hochfrequenz-Lichtbogeninitiator, Stromsensor, Gasregelsystem und Datenerfassungssystem.

Konstruktionsmerkmale: Der Hochfrequenz-Lichtbogeninitiator sorgt für einen stabilen Lichtbogen und die Sensorgenauigkeit ist hoch ( $\pm 0,1$  A).

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

Umgebungsanforderungen: Arbeiten Sie in einer simulierten Schweißumgebung.

### **Ablauf der Bedienung**

#### **Ablauf der Prüfung:**

Die Elektrode wird auf das Prüfgerät montiert und das Argongas wird abgelassen.  
Starten Sie den Hochfrequenzlichtbogen und zeichnen Sie die elektrischen Parameter auf.  
Analysieren Sie die Leistung der Lichtbogeninitiierung und die Lichtbogenstabilität.

### **Details zur Handwerkskunst**

Prüfparameter: Strom, Spannung und Gasfluss müssen präzise geregelt werden.  
Umweltkontrolle: Die tatsächlichen Schweißbedingungen müssen simuliert werden.  
Gerätekalibrierung: Kalibrieren Sie die Sensoren regelmäßig, um die Genauigkeit zu gewährleisten.

### **Einflussfaktoren**

Gerätegenauigkeit: Die Genauigkeit von Sensoren und Steuerungssystemen beeinflusst die Testergebnisse.  
Elektrodenqualität: Die Ceroxidverteilung beeinflusst die Leistung der Lichtbogenzündung.  
Umgebungsbedingungen: Die Reinheit des Gases und die Feuchtigkeit beeinflussen die Testergebnisse.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Geräte-Upgrade: Nehmen Sie einen hochpräzisen Tester an.  
Testoptimierung: Optimieren Sie die Testparameter, um mehrere Schweißbedingungen zu simulieren.  
Prozessüberwachung: Implementierung von Echtzeit-Datenerfassungssystemen.  
Datenanalyse: Richten Sie eine Leistungsdatenbank ein und optimieren Sie die Tests.

### **Zukunftstrends**

Intelligentes Testen: Analysieren Sie Leistungsdaten durch künstliche Intelligenz.  
Multifunktionale Prüfung: Entwickeln Sie umfassende Leistungstestgeräte.  
Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Prüfgeräten.  
Neue Ausrüstung: wie z. B. ein dynamischer Lichtbogenprüfer zur Verbesserung der Genauigkeit.

## **6.5 Automatisierung und intelligente Ausrüstung für Cer-Wolfram-Elektroden**

Automatisierung und Intelligenz verbessern die Produktivität und Qualitätskonsistenz durch Robotik, Sensoren und Datenanalysen.

### **6.5.1 Industrieroboter und automatisierte Produktionslinien**

#### **So funktioniert's:**

Industrieroboter sind so programmiert, dass sie Aufgaben wie Mischen, Pressen und Verarbeiten ausführen, und automatisierte Produktionslinien eine kontinuierliche Produktion durch Förderbänder und Steuerungssysteme erreichen.

Roboterprinzip: Die hochpräzise Bedienung erfolgt durch mehrachsige Roboterarme.

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

Prinzip der Produktionslinie: Prozessintegration durch Förderbänder und Automatisierungseinrichtungen.

### **Baustatik**

#### **Industrieroboter:**

Hauptkomponenten: Roboterarm, Servomotor, Sensor und Steuerungssystem.

Konstruktionsmerkmale: Der Roboterarm bietet eine hochpräzise Positionierung und Sensoren überwachen den Betrieb in Echtzeit.

Umweltanforderungen: Arbeiten Sie in einer sauberen Umgebung.

#### **Automatisierte Produktionslinie:**

Hauptkomponenten: Förderband, Automatisierungsausrüstung und zentrales Steuerungssystem.

Konstruktionsmerkmale: Das Förderband besteht aus verschleißfesten Materialien und das Steuerungssystem ist in den Betrieb mehrerer Geräte integriert.

Umgebungsanforderungen: Sorgen Sie für eine staubfreie Umgebung mit geringer Luftfeuchtigkeit.

### **Ablauf der Bedienung**

#### **Roboter-Bedienung:**

Programmierte Roboter, die Aufgaben wie Mischen und Pressen ausführen.

Sensoren überwachen die Genauigkeit des Betriebs und passen die Aktion an.

Überprüfen Sie die Qualität des fertigen Produkts.

#### **Betrieb der Produktionslinie:**

Starten Sie das Förderband und koordinieren Sie den Betrieb der einzelnen Geräte.

Die zentrale Steuerung überwacht den Produktionsstatus.

Sammeln Sie das fertige Produkt und bewahren Sie es in einem luftdichten Behälter auf.

### **Details zur Handwerkskunst**

Roboterprogrammierung: Optimieren Sie Aktionspfade, um die Effizienz zu verbessern.

Koordination der Produktionslinie: Die Anlagen müssen nahtlos miteinander verbunden sein, um die Kontinuität zu gewährleisten.

Umweltkontrolle: Sorgen Sie für eine saubere und stabile Umgebung.

### **Einflussfaktoren**

Präzision der Ausrüstung: Die Präzision von Robotern und Förderbändern beeinflusst die Produktionsqualität.

Programmierqualität: Der Grad der Optimierung des Programms wirkt sich auf die Effizienz aus.

Umgebungsbedingungen: Staub und Feuchtigkeit beeinträchtigen die Leistung der Geräte.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Ausrüstungs-Upgrade: Nehmen Sie hochpräzise Roboter und Förderbänder ein.

Programmierung Optimierung: Optimieren Sie Handlungspfade mithilfe künstlicher Intelligenz.

Prozessüberwachung: Implementieren Sie ein Echtzeit-Überwachungssystem.

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

Datenanalyse: Richten Sie eine Datenbank für Produktionsparameter ein.

### **Zukunftstrends**

Kollaborative Roboter: Verbessern Sie die Effizienz der Mensch-Maschine-Zusammenarbeit.

Intelligente Produktionslinie: Integrieren Sie Anlagen über das Internet der Dinge.

Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie Robotern.

Neue Ausrüstung: wie z. B. flexible Produktionslinien, die für die Produktion in mehreren Varianten geeignet sind.

### **6.5.2 Online-Überwachungs- und Datenerfassungssystem**

#### **So funktioniert's:**

Das Online-Monitoring-System erkennt Produktionsparameter in Echtzeit über Sensoren, das Datenerfassungssystem analysiert die Daten und optimiert den Prozess.

Überwachungsprinzip: Sensoren erfassen Parameter wie Temperatur, Druck und Gasdurchfluss.

Prinzip der Datenerfassung: Analysieren Sie Produktionsdaten durch Datenbanken und Algorithmen.

#### **Baustatik**

##### **Online-Überwachungssystem:**

Hauptkomponenten: Sensor, Datenübertragungsmodul und Anzeigesystem.

Konstruktionsmerkmale: Der Sensor hat eine hohe Genauigkeit und das Datenübertragungsmodul unterstützt die Echtzeitübertragung.

Umweltanforderungen: Es muss in einer stabilen Umgebung betrieben werden.

##### **Datenerfassungssystem:**

Hauptkomponenten: Server, Datenbank und Analysesoftware.

Designmerkmale: Die Datenbank unterstützt die Speicherung großer Datenmengen und die Analysesoftware integriert Algorithmen der künstlichen Intelligenz.

Anforderungen an die Umgebung: Betrieb in einer sicheren Netzwerkkumgebung.

#### **Ablauf der Bedienung**

##### **Ablauf der Überwachung:**

An Produktionsanlagen werden Sensoren installiert, um Daten in Echtzeit zu sammeln.

Die Daten werden an das Anzeigesystem übertragen, um den Produktionsstatus zu überwachen.

Geben Sie ungewöhnliche Parameter an, um eine stabile Produktion zu gewährleisten.

##### **Prozess der Datenerfassung:**

Sammeln Sie Produktionsdaten und speichern Sie sie in einer Datenbank.

Optimierung von Prozessparametern mit Analysesoftware.

Generieren Sie Qualitätsberichte, um die Produktion zu steuern.

#### **Details zur Handwerkskunst**

##### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

Sensorauswahl: Hochpräzise Sensoren sollten entsprechend der Art der Parameter ausgewählt werden.

Datenanalyse: Algorithmen müssen optimiert werden, um die Effizienz der Analyse zu verbessern.

Umgebungskontrolle: Stellen Sie die Netzwerk- und Stromstabilität sicher.

### **Einflussfaktoren**

Sensorgenauigkeit: Beeinflusst die Datenqualität.

Effizienz des Algorithmus: beeinflusst die Ergebnisse der Analyse.

Netzwerkstabilität: Beeinflusst die Datenübertragung.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Geräte-Upgrade: Verwenden Sie hochpräzise Sensoren und Server.

Algorithmusoptimierung: Nutzen Sie maschinelles Lernen, um die Analysegenauigkeit zu verbessern.

Netzwerkoptimierung: Sortiert für eine stabile Datenübertragung.

Datenanalyse: Richten Sie eine umfassende Datenbank ein, um den Prozess zu optimieren.

### **Zukunftstrends**

Technologie des digitalen Zwillings: Simuliert die Optimierungsparameter des Produktionsprozesses.

Intelligentes Monitoring: Passen Sie Parameter durch künstliche Intelligenz dynamisch an.

Grüne Technologie: Entwicklung energiesparender Überwachungssysteme.

Neue Geräte: Wie z. B. ein integriertes System mit mehreren Sensoren, verbessern die Überwachungseffizienz.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**



## Kapitel 7 In- und ausländische Normen für Cer- und Wolframelektroden

Als Vertreter der nicht abschmelzbaren Elektroden wirken sich die Qualität und Leistung von Cer-Wolfram-Elektroden direkt auf die Stabilität und Effizienz von Schweiß- und Schneidprozessen aus. In- und ausländische Normen bieten standardisierte technische Leitlinien für die Herstellung, Prüfung und Anwendung von Cer-Wolfram-Elektroden und stellen so die Konsistenz der Produktqualität und den Internationalisierungsgrad der Branche sicher. In diesem Kapitel wird das Normungssystem für Cer-Wolfram-Elektroden systematisch unter vier Aspekten erläutert: internationale Normen, nationale Normen, Normenvergleich und -interpretation sowie Normaktualisierung und -entwicklungstrend und analysiert eingehend den Hintergrund, den Zweck, den Anwendungsbereich und den Kerninhalt jeder Norm.

### 7.1 Internationaler Standard für Cer-Wolfram-Elektroden

Internationale Normen enthalten globale technische Spezifikationen für die Herstellung und Anwendung von Cer-Wolfram-Elektroden, darunter hauptsächlich Normen der Internationalen Organisation für Normung (ISO), der American Welding Society (AWS) und des Europäischen Komitees für Normung (EN). Diese Normen bieten umfassende Leitlinien für die Qualitätskontrolle von Cer-Wolfram-Elektroden und stellen deren Anwendbarkeit und Konsistenz auf dem Weltmarkt sicher, von der Klassifizierung über die chemische Zusammensetzung, die Maßanforderungen, Leistungsindikatoren bis hin zu den Prüfmethoden.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

## CTIA GROUP LTD

### Cerium Tungsten Electrode Introduction

#### 1. Overview of Cerium Tungsten Electrode

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO<sub>2</sub>). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

#### 2. Features of Cerium Tungsten Electrode

**Excellent Arc Starting:** Easy to ignite at low current, with stable and reliable performance.

**Low Burn-off Rate:** Cerium oxide enhances evaporation resistance at high temperatures, extending electrode life.

**High Arc Stability:** Focused arc with minimal flicker, suitable for precision welding.

**Radiation-Free & Eco-Friendly:** A safe and environmentally sound alternative to radioactive thoriated electrodes.

#### 3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode

Type	CeO <sub>2</sub> Content	Color Code	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

#### 4. Applications of Cerium Tungsten Electrode

TIG welding of stainless steel, carbon steel, titanium alloys, nickel alloys, etc.

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

Low-current plasma arc cutting and high-frequency ignition systems

#### 5. Procurement Information

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: [www.tungsten.com.cn](http://www.tungsten.com.cn)

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Copyright© 2025 CTIA All Rights Reserved  
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2025 version  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

Tel: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2025V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

## 7.1.1 ISO 6848: Klassifizierung und Anforderungen an Wolframelektroden

### Standard-Hintergrund

ISO 6848 Lichtbogenschweißen und -schneiden – Nicht verbrauchbare Wolframelektroden – Die Klassifikation wurde von der Internationalen Organisation für Normung (ISO) entwickelt und erstmals 1984 veröffentlicht und zuletzt 2004 überarbeitet. Die Norm richtet sich nach einheitlichen Klassifizierungs- und Leistungsanforderungen für nicht abschmelzbare Wolframelektroden für das Schutzgas-Schutzlichtbogenschweißen (WIG), das Plasmaschweißen und -schneiden, wobei reine Wolframelektroden und Elektroden, die mit Oxiden wie Ceroxid, Thoriumoxid und Lanthanoxid dotiert sind, abgedeckt sind. Cer-Wolfram-Elektroden sind aufgrund ihrer geringen Radioaktivität und hervorragenden Lichtbogenleistung in den Normen eindeutig als WC20 definiert und werden häufig in hochpräzisen Schweißszenarien wie Luft- und Raumfahrt, Automobilbau und Energie eingesetzt.

Zweck: Förderung des internationalen Handels und des technischen Austauschs durch Standardisierung der Klassifizierung, Zusammensetzung und Leistung von Wolframelektroden und Sicherstellung der Vielseitigkeit von Elektroden in verschiedenen Ländern und Branchen.

Anwendungsbereich: Geeignet für WIG-Schweißen, Plasmaschweißen und Schneiden und deckt eine breite Palette von Anwendungsszenarien ab, vom Niedrigstrom-Präzisionsschweißen bis zum industriellen Schweißen mit hohem Wärmeeintrag.

Geschichte der Überarbeitung: In der ersten Auflage von 1984 wurde ein grundlegender Klassifizierungsrahmen festgelegt, und in der Überarbeitung von 2004 wurden detaillierte Anforderungen an dotierte Elektroden hinzugefügt, die die Entwicklung neuer Elektrodenmaterialien widerspiegeln.

### Standardinhalte

Die ISO 6848 beschreibt die technischen Anforderungen an Cer-Wolfram-Elektroden (WC20) und deckt die folgenden Aspekte ab:

Klassifizierung und Identifizierung: Cer-Wolfram-Elektroden werden als WC20 mit einem Ceroxidgehalt von 1,8 % ~ 2,2 % (Massenanteil) klassifiziert. Die Norm verlangt, dass die Elektrodenklemmen zur einfachen Identifizierung grau markiert sind.

Chemische Zusammensetzung: Die Reinheit der Wolframmatrix sollte mehr als 99,5 % erreichen, und der Gehalt an Ceroxid als Hauptdotierung sollte auf 1,8 % ~ 2,2 % kontrolliert werden, um die Lichtbogeninitiierungsleistung und die Lichtbogenstabilität zu optimieren. Der Gehalt an Verunreinigungen (z. B. Eisen, Kohlenstoff, Silizium) sollte auf einem niedrigen Niveau gehalten werden, um die Leistung der Elektrode nicht zu beeinträchtigen.

Abmessungen und Toleranzen: Die Elektrodendurchmesser reichen von 0,510 mm bis 50175 mm, um die Anforderungen der Präzisionsfertigung zu erfüllen (z. B. Durchmesser toleranz  $\pm 0,05$  mm, Längentoleranz  $\pm 1$  mm). Die Norm legt auch die Anforderungen an die Geradheit und Rundheit der Elektrode fest.

Oberflächenqualität: Die Elektrodenoberfläche muss glatt und frei von Rissen, Oxidschichten, Ölflecken oder mechanischen Beschädigungen sein. Die Oberflächengüten müssen den Anforderungen des Hochfrequenzlichtbogens entsprechen, die in der Regel durch Polieren oder

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

chemische Reinigung erreicht werden.

Leistungsanforderungen: Betonen Sie die Lichtbogenleistung, die Lichtbogenstabilität und die Ausbrennfestigkeit von Cer-Wolfram-Elektroden bei niedrigen Strömen. Die Norm verlangt, dass die Elektrode den Lichtbogeneinleitungstest und den dimensionalen Lichtbogentest besteht, um ihre Leistung unter verschiedenen Schweißbedingungen zu überprüfen.

Detektionsmethoden: Die Massenspektrometrie mit induktivem Plasma (ICP-MS) oder die Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA) wird verwendet, um die chemische Zusammensetzung zu ermitteln, die Rasterelektronenmikroskopie (REM) wird zur Analyse der Mikrostruktur und der Lichtbogeninitiierungstester zur Bewertung der elektrischen Eigenschaften verwendet.

Verpackung und Lagerung: Die Elektrodenverpackung muss feuchtigkeits- und staubdicht sein und das WC20-Modell, die Chargennummer und die Herstellerinformationen kennzeichnen. Die Verpackungsmaterialien müssen den internationalen Versandstandards entsprechen, um sicherzustellen, dass die Elektroden während des Transports und der Lagerung nicht beschädigt werden.

Zertifizierungsanforderungen: Hersteller müssen Proben bei ISO-Zertifizierungsstellen einreichen, um ein Konformitätszertifikat durch Zusammensetzungs-, Maß- und Leistungstests zu erhalten.

### **Zusätzliche Hinweise**

Die ISO 6848 betont ausdrücklich die Vorteile von Cer-Wolfram-Elektroden bei geringer Radioaktivität und empfiehlt sie als Alternative zu Thoriumoxid-Elektroden, um den Anforderungen von Hochsicherheitsbranchen wie der Luft- und Raumfahrt gerecht zu werden. Der Standard enthält auch detaillierte farbcodierte Richtlinien, die die Konsistenz der WC20-Elektroden auf dem Weltmarkt gewährleisten. Darüber hinaus enthalten Standardanhänge Empfehlungen für Schweißparameter, wie z. B. empfohlene Strombereiche und Schutzgasarten (Argon oder Helium), um dem Anwender Anwendungsreferenzen an die Hand zu geben.

## **7.1.2 AWS A5.12: Technische Daten für Wolframelektroden**

### **Standard-Hintergrund**

AWS A5.12 „Specification for Tungsten and Oxide Dispersed Tungsten Electrodes for Arc Welding and Cutting“ wurde von der American Welding Society (AWS) entwickelt und zuletzt 2009 überarbeitet. Diese Norm enthält detaillierte Spezifikationen für die Herstellung und Anwendung von Wolframelektroden auf dem nordamerikanischen Markt, und Cer-Wolframelektroden sind als EWCE-2 definiert, die für das WIG-Schweißen und Plasmaschweißen geeignet sind und in der Luft- und Raumfahrt, im Automobilbau, in der Energiewirtschaft und in anderen Industrien weit verbreitet sind.

Zweck: Bereitstellung einheitlicher Spezifikationen für Wolframelektroden auf dem nordamerikanischen Markt, Sicherstellung der Produktqualität und Zuverlässigkeit von Schweißprozessen und Förderung der Branchenstandardisierung.

Anwendungsbereich: Geeignet für WIG-Schweißen, Plasmaschweißen und Schneiden, mit besonderem Schwerpunkt auf hochpräzisen und stromarmen Schweißszenarien.

Versionsgeschichte: Die erste Ausgabe im Jahr 1998 legte den Grundstein für die Klassifizierung fest, und die überarbeitete Version im Jahr 2009 fügte die Leistungsanforderungen für dotierte

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

Elektroden hinzu, um sich an die Entwicklung neuer Schweißgeräte anzupassen.

### Standardinhalte

AWS A5.12 bietet umfassende Spezifikationen für die technischen Anforderungen an Cer-Wolfram-Elektroden (EWCe-2), die die folgenden Aspekte abdecken:

**Klassifizierung und Identifizierung:** Cer-Wolfram-Elektroden sind als EWCe-2 mit einem Ceroxidgehalt von 1,8 % ~ 2,2 % klassifiziert, und die Enden sind grau markiert, was der ISO 6848 für die internationale Identifizierung entspricht.

**Chemische Zusammensetzung:** Die Reinheit der Wolframmatrix muss  $\geq 99,5$  % betragen, und der Gehalt an Ceroxid wird auf 1,8 % ~ 2,2 % kontrolliert. Der Gehalt an Verunreinigungen (z. B. Eisen, Silizium, Aluminium) muss unter dem angegebenen Schwellenwert liegen, um die elektrische Leistung der Elektrode zu gewährleisten.

**Abmessungen und Toleranzen:** Die Elektrodendurchmesser reichen von 0,564 mm bis zu Längenbereichen von 75300 mm, mit engen Toleranzen (z. B. Durchmessertoleranz  $\pm 0,03$  mm, Längentoleranz  $\pm 0,5$  mm), geeignet für hochpräzise Anwendungen.

**Oberflächenqualität:** Die Oberfläche der Elektrode muss frei von Rissen, Oxiden, Ölflecken oder mechanischen Kratzern sein. Die Oberfläche muss präzise poliert werden, um den Anforderungen der Lichtbögen mit geringem Strom gerecht zu werden.

**Leistungsanforderungen:** Betonen Sie die Lichtbogenzündungsleistung und Lichtbogenstabilität von EWCe-2-Elektroden beim Gleichstrom- (DC) und Wechselstromschweißen (AC), was Hochfrequenz-Lichtbogeneinleitungstests und Langzeit-Dimensionslichtbogentests erforderlich.

**Nachweismethoden:** Es ist vorgeschrieben, RFA oder Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) zum Nachweis der chemischen Zusammensetzung, REM oder Lichtmikroskopie zur Analyse der Mikrostruktur und Lichtbogentester zur Bewertung der Lichtbogeninitiierung und der dimensionalen Lichtbogenleistung zu verwenden.

**Verpackung und Lagerung:** Die Elektrodenverpackung muss feuchtigkeits- und staubdicht sein und das EWCe-2-Modell, die Größe und die Herstellerinformationen kennzeichnen. Die Verpackung muss den nordamerikanischen Versandstandards entsprechen, um mechanische Beschädigungen während des Transports zu vermeiden.

**Zertifizierungsanforderungen:** Unternehmen müssen Muster an AWS-Zertifizierungsstellen senden, um Kompositions-, Größen- und Leistungstests zu bestehen und die Konformitätszertifizierung zu erhalten.

### Zusätzliche Hinweise

AWS A5.12 legt besonderen Wert auf die Einheitlichkeit der Farbcodierung, und die grauen Markierungen von EWCe-2 sind auf dem nordamerikanischen Markt weit verbreitet, um sicherzustellen, dass Benutzer Elektrodentypen schnell identifizieren können. Die Norm enthält auch eine detaillierte Schweißparametertabelle, in der der Strombereich und das Schutzgasverhältnis von Elektroden mit unterschiedlichem Durchmesser empfohlen werden, um den Anwendern die Optimierung des Schweißprozesses zu erleichtern. Darüber hinaus enthalten die Standardanhänge Vorsichtsmaßnahmen für die Lagerung und Handhabung von Elektroden, wie z. B. die hohen Temperaturen und Feuchtigkeit, um die Lebensdauer der Elektroden zu verlängern.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

### 7.1.3 EN 26848: Europäische Norm für Wolframelektroden

#### Standard-Hintergrund

Die EN 26848 „Wolframelektroden für das Schutzgas-Schutzlichtbogenschweißen sowie für das Plasmaschneiden und -schweißen“ wurde vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) entwickelt und zuletzt 1991 überarbeitet. Diese Norm enthält technische Spezifikationen für Wolframelektroden für den europäischen Markt, und Cer-Wolframelektroden sind als WC20 definiert, in Übereinstimmung mit ISO 6848, für WIG- und Plasmaschweißen und werden häufig in der Luft- und Raumfahrt, im Energie- und Automobilbau eingesetzt.

Zweck: Vereinheitlichung der Spezifikationen von Wolframelektroden auf dem europäischen Markt, Förderung des technischen Austauschs und des Marktzugangs sowie Gewährleistung der Produktqualität und -sicherheit.

Anwendungsbereich: Geeignet für WIG-Schweißen, Plasmaschweißen und Schneiden, besonders geeignet für Szenarien mit hohen Anforderungen an Präzision und Umweltschutz.

Versionsgeschichte: Die Revision von 1991 wurde mit ISO 6848 harmonisiert und um Leistungsanforderungen für dotierte Elektroden ergänzt.

#### Standardinhalte

Die EN 26848 beschreibt die technischen Anforderungen an Cer-Wolfram-Elektroden (WC20) und behandelt folgende Aspekte:

Klassifizierung und Identifizierung: Cer-Wolfram-Elektroden sind als WC20 klassifiziert und haben einen Ceroxidgehalt von 1,8 % ~ 2,2 % und graue Markierungen an den Enden, was der ISO 6848 entspricht.

Chemische Zusammensetzung: Die Reinheit der Wolframmatrix muss  $\geq 99,5$  % betragen, der Gehalt an Ceroxid beträgt 1,8 % ~ 2,2 % und der Gehalt an Verunreinigungselementen (wie Eisen und Kohlenstoff) muss streng kontrolliert werden.

Abmessungen und Toleranzen: Die Elektrodendurchmesser reichen von 0,510 mm bis 50175 mm für Längen mit engen Toleranzanforderungen (z. B. Durchmessertoleranz  $\pm 0,05$  mm, Längentoleranz  $\pm 1$  mm).

Oberflächenqualität: Die Elektrodenoberfläche muss glatt, frei von Rissen, Oxidschichten oder Verunreinigungen sein und muss poliert oder chemisch gereinigt werden, um den Anforderungen der hochfrequenten Lichtbögen gerecht zu werden.

Leistungsanforderungen: Um die Lichtbogenzündungsleistung und Lichtbogenstabilität von WC20-Elektroden bei niedrigen Strömen zu betonen, müssen standardisierte Lichtbogenzündungs- und Dimensionslichtbogentests bestanden werden.

Nachweismethoden: ICP-MS oder RFA wird verwendet, um die chemische Zusammensetzung zu erkennen, REM zur Analyse der Mikrostruktur und Lichtbogeninitiierungstester zur Bewertung der elektrischen Eigenschaften.

Verpackung und Lagerung: Die Elektrodenverpackung muss feuchtigkeits- und staubdicht sein, mit dem WC20-Modell, der Chargennummer und den Herstellerinformationen gekennzeichnet sein und den europäischen Versandnormen entsprechen.

Zertifizierungsanforderungen: Unternehmen müssen Proben bei der CEN-Zertifizierungsstelle

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

einreichen, um die Tests in Bezug auf Zusammensetzung, Größe und Leistung zu bestehen und ein Konformitätszertifikat zu erhalten.

### **Zusätzliche Hinweise**

Die EN 26848 ist stark mit der ISO 6848 harmonisiert und betont die geringe Radioaktivität und die Umweltvorteile von Cer-Wolfram-Elektroden, die für die strengen Anforderungen des europäischen Marktes an Sicherheit und Nachhaltigkeit geeignet sind. Die Norm gibt auch Empfehlungen für Schweißprozesse, wie zB die empfohlene Verwendung von Argon als Schutzgas und die Anpassung des Strombereichs entsprechend dem Elektrodendurchmesser. Darüber hinaus enthalten die Normen Umwelthanforderungen für die Elektrodenlagerung, wie z. B. die Verwendung von recycelbaren Verpackungsmaterialien, wurde der Schwerpunkt Europas auf eine umweltfreundliche Produktion widergespiegelt.

## **7.2 Nationale Normen für Cer-Wolfram-Elektroden**

Inländische Normen enthalten Spezifikationen für die Produktion und Anwendung von Cer-Wolfram-Elektroden auf dem chinesischen Markt, hauptsächlich einschließlich nationaler Normen (GB) und Industriestandards (JB), um die Produktqualität und Wettbewerbsfähigkeit der Branche zu gewährleisten. Diese Normen, kombiniert mit dem technischen Niveau und den Anwendungsanforderungen des chinesischen Marktes, bieten eine lokale Anleitung für die Herstellung und Verwendung von Cer-Wolfram-Elektroden.

### **7.2.1 GB/T 4192: Technische Bedingungen für Wolframelektroden**

#### **Standard-Hintergrund**

GB/T 4192 „Wolframelektroden für das Schutzgas-Schutzgasschweißen, Plasmaschweißen und -schneiden“ wurde vom Nationalen Technischen Komitee für Normung formuliert und die letzte überarbeitete Fassung stammt aus dem Jahr 2015. Diese Norm enthält technische Spezifikationen für Wolframelektroden auf dem chinesischen Markt, Cer-Wolframelektroden sind als WC20 definiert, geeignet für WIG- und Plasmaschweißen und werden häufig in der Luft- und Raumfahrt, Energie, Automobilindustrie und anderen Industrien eingesetzt.

Zweck: Standardisierung der Produktion, Prüfung und Anwendung inländischer Wolframelektroden, Verbesserung der Produktqualität und Wettbewerbsfähigkeit der Branche sowie Förderung des internationalen Marktzugangs.

Anwendungsbereich: Geeignet für WIG-Schweißen, Plasmaschweißen und Schneiden, das Szenarien vom Niedrigstrom-Präzisionsschweißen bis zum industriellen Schweißen mit hohem Wärmeeintrag abdeckt.

Versionsgeschichte: In der ersten Ausgabe 2000 wurde das Grundgerüst festgelegt, und die Überarbeitung von 2015 wurde mit ISO 6848 harmonisiert, um die Leistungsanforderungen für dotierte Elektroden zu erhöhen.

#### **Standardinhalte**

GB/T 4192 legt die technischen Anforderungen an Cer-Wolfram-Elektroden (WC20) umfassend

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

fest und deckt dabei folgende Aspekte ab:

**Klassifizierung und Identifizierung:** Cer-Wolfram-Elektroden sind als WC20 klassifiziert, mit einem Ceroxidgehalt von 1,8 % ~ 2,2 %, und an den Enden werden graue Markierungen verwendet, die den internationalen Standards entsprechen.

**Chemische Zusammensetzung:** Die Reinheit der Wolframmatrix muss  $\geq 99,5$  % betragen, und der Gehalt an Ceroxid wird auf 1,8 % ~ 2,2 % kontrolliert. Der Gehalt an Verunreinigungselementen (z. B. Eisen, Silizium, Kohlenstoff) muss unter dem angegebenen Schwellenwert liegen, um die Leistung der Elektrode zu gewährleisten.

**Abmessungen und Toleranzen:** Der Elektrodendurchmesserbereich beträgt 0,510 mm, der Längenbereich 50175 mm und die Toleranzanforderungen sind moderat (z. B. Durchmessertoleranz  $\pm 0,1$  mm, Längentoleranz  $\pm 1,5$  mm) und eignen sich für inländische Produktionsbedingungen.

**Oberflächenqualität:** Die Oberfläche der Elektrode muss frei von Rissen, Oxiden oder Verschmutzungen sein, und die Anforderungen an die Lichtbögen müssen durch Polieren oder Reinigen erfüllt werden.

**Leistungsanforderungen:** Betonen Sie die Lichtbogeneinleitungsleistung, die Lichtbogenstabilität und die hohe Temperaturbeständigkeit von WC20-Elektroden, die den Lichtbogeneinleitungstest und den Dimensionslichtbogentest bestehen müssen.

**Nachweismethoden:** RFA oder AAS ist für die chemische Zusammensetzung vorgeschrieben, REM oder Lichtmikroskopie für die Mikrostrukturanalyse und Lichtbogeninitiierungstester zur Bewertung der elektrischen Eigenschaften.

**Verpackung und Lagerung:** Die Elektrodenverpackung muss feuchtigkeits- und staubdicht sein, mit WC20-Modell-, Größen- und Herstellerinformationen gekennzeichnet sein und den inländischen Transportstandards entsprechen.

**Zertifizierungsanforderungen:** Unternehmen müssen Proben bei der nationalen Zertifizierungsstelle einreichen, um die Tests in Bezug auf Zusammensetzung, Größe und Leistung zu bestehen und ein Konformitätszertifikat zu erhalten.

### **Zusätzliche Hinweise**

GB/T 4192 wurde unter Berücksichtigung der Produktionskapazität und der Kostenkontrolle auf dem chinesischen Markt formuliert, mit etwas lockereren Toleranzanforderungen im Vergleich zu internationalen Normen, aber Leistungsanforderungen, die mit ISO 6848 übereinstimmen. Die Norm enthält auch Vorschläge für Schweißparameter, wie z. B. den empfohlenen Strombereich und die Schutzgasart, damit der Prozess für private Anwender bequem optimiert werden kann. Darüber hinaus enthält der Standardanhang Vorsichtsmaßnahmen für die Lagerung und Handhabung von Elektroden, wie z. B. die Vermeidung von feuchten und hohen Temperaturumgebungen, um die Elektrodenqualität sicherzustellen.

### **7.2.2 JB/T 12706: Norm für Wolframelektroden zum Schweißen**

#### **Standard-Hintergrund**

JB/T 12706 „Wolframelektrode zum Schweißen“ wurde von der China Machinery Industry Federation entwickelt und zuletzt im Jahr 2017 überarbeitet. Diese Norm enthält Spezifikationen für die Herstellung und Anwendung von Wolframelektroden in der Maschinenindustrie, Cer-

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

Wolframelektroden sind als WC20 definiert, geeignet für WIG- und Plasmaschweißen und werden häufig im Maschinenbau, im Schiffbau, in der Energiewirtschaft und in anderen Industrien eingesetzt.

Zweck: Standardisierung der Produktion und des Einsatzes von Wolframelektroden in der Maschinenindustrie, um die Produktqualität und die Zuverlässigkeit von Schweißprozessen zu gewährleisten.

Anwendungsbereich: Geeignet für WIG-Schweißen und Plasmaschweißen im Bereich der mechanischen Fertigung, besonders geeignet für Szenarien mit hohen Anforderungen an hohe Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit.

Versionsgeschichte: In der ersten Ausgabe im Jahr 2010 wurden die grundlegenden Spezifikationen festgelegt, und in der Überarbeitung von 2017 wurden Leistungsanforderungen für dotierte Elektroden hinzugefügt.

### Standardinhalte

JB/T 12706 legt die technischen Anforderungen an Cer-Wolfram-Elektroden (WC20) detailliert fest und deckt folgende Aspekte ab:

**Klassifizierung und Identifizierung:** Cer-Wolfram-Elektroden werden als WC20 klassifiziert, mit einem Ceroxidgehalt von 1,8 %~2,2 %, und an den Enden werden graue Markierungen verwendet.

**Chemische Zusammensetzung:** Die Reinheit der Wolframmatrix muss  $\geq 99,5\%$  betragen, der Gehalt an Ceroxid beträgt 1,8% ~ 2,2% und der Gehalt an Verunreinigungselementen (wie Eisen und Aluminium) muss streng kontrolliert werden.

**Abmessungen und Toleranzen:** Die Elektrodendurchmesser reichen von 0,58 mm bis 50150 mm für Längen mit moderaten Toleranzanforderungen (z. B. Durchmesser-toleranzen  $\pm 0,1$  mm).

**Oberflächenqualität:** Die Elektrodenoberfläche muss glatt, frei von Rissen, Oxiden oder mechanischen Beschädigungen sein und poliert werden, um den Schweißanforderungen gerecht zu werden.

**Leistungsanforderungen:** Betonen Sie die Lichtbogeneinleitungsleistung und die Lichtbogenstabilität der WC20-Elektrode, die für hochintensive Schweißszenarien geeignet ist und durch Lichtbogentests überprüft werden muss.

**Nachweismethode:** AAS oder RFA wird verschrieben, um die chemische Zusammensetzung zu erkennen, optisches Mikroskop zur Analyse der Mikrostruktur, Lichtbogeninitiationstester zur Bewertung der Leistung.

**Verpackung und Lagerung:** Die Elektrodenverpackung muss feuchtigkeits- und staubdicht sein, mit WC20-Modell- und Herstellerinformationen gekennzeichnet sein und den Transportnormen der Maschinenindustrie entsprechen.

**Zertifizierungsanforderungen:** Unternehmen müssen Proben bei Zertifizierungsstellen der Branche einreichen, um die Tests in Bezug auf Zusammensetzung, Größe und Leistung zu bestehen.

### Zusätzliche Hinweise

JB/T 12706 betont die Leistungsfähigkeit von Cer-Wolfram-Elektroden in Umgebungen mit hohem Wärmeeintrag und korrosionsbeständigen Umgebungen mit relativ flexiblen

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Toleranzanforderungen, die für die Produktionskapazität privater kleiner und mittlerer Unternehmen geeignet sind. Die Norm enthält auch Richtlinien für Schweißprozesse, wie z. B. die empfohlene Verwendung von Argon oder Argon-Helium-Gemischen zur Optimierung der Schweißqualität. Darüber hinaus enthalten die Standardanhänge Vorsichtsmaßnahmen für die Elektrodenlagerung, wie z. B. die Vermeidung mechanischer Beschädigungen und feuchter Umgebungen.

### 7.2.3 Weitere relevante Industrienormen

#### Standard-Hintergrund

Neben GB/T 4192 und JB/T 12706 gibt es in China weitere Industriestandards, die sich mit Cer-Wolframelektroden befassen, wie z. B. der Aerospace Industry Standard (HB) und der Energy Industry Standard (NB). Diese Normen sind auf die Anwendungsanforderungen bestimmter Branchen zugeschnitten und ergänzen die Details der nationalen Normen, um Szenarien mit hoher Nachfrage wie Luft- und Raumfahrt und Energie zu erfüllen.

HB-Standard: wie HB 7716 „Wolframelektrode für das Schweißen in der Luftfahrt“, formuliert vom China Aviation Industry Standardization Committee, geeignet für das Hochpräzisionsschweißen in der Luft- und Raumfahrt.

NB-Normen: wie z. B. NB/T 47018 „Technische Spezifikation für das Schweißen von Druckgeräten“, formuliert von der Nationalen Energiebehörde, die das Schweißen von Rohrleitungen und Druckbehältern in der Energiewirtschaft umfasst.

Zweck: Bereitstellung kundenspezifischer technischer Spezifikationen für bestimmte Branchen, um sicherzustellen, dass die Elektrodenleistung den besonderen Anforderungen entspricht.

#### Standardinhalte

##### HB 7716:

Klassifizierung und Identifizierung: Die Cer-Wolfram-Elektrode ist als WC20 definiert, mit einem Ceroxidgehalt von 1,8 % ~ 2,2 %, und an den Enden werden graue Markierungen verwendet.

Chemische Zusammensetzung: Die Reinheit der Wolframmatrix beträgt  $\geq 99,7$  % und der Verunreinigungsgehalt ist extrem gering, um die hohen Zuverlässigkeitsanforderungen der Luft- und Raumfahrt zu erfüllen.

Abmessungen und Toleranzen: Die Elektrodendurchmesser reichen von 0,54 mm bis 50150 mm, mit engen Toleranzen (z. B. Durchmesser-toleranzen  $\pm 0,02$  mm).

Oberflächenqualität: Die Oberfläche muss frei von Defekten sein und muss durch Präzisionspolieren erfüllt werden, um die Anforderungen der Lichtbogenbildung mit niedrigem Strom zu erfüllen.

Leistungsanforderungen: Mit dem Schwerpunkt auf der Leistung von Lichtbögen bei niedrigem Strom und der Lichtbogenstabilität muss der Hochfrequenz-Lichtbogentest bestanden werden.

Detektionsmethode: ICP-MS wurde verwendet, um die Komponenten zu detektieren, REM wurde verwendet, um die Mikrostruktur zu analysieren, und der Lichtbogeninitiierungstester wurde verwendet, um die Leistung zu bewerten.

Verpackung und Lagerung: Es ist eine feuchtigkeits- und staubdichte Verpackung erforderlich, in der die Modell- und Chargennummer angegeben ist und die Lufttransportnormen eingehalten

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

werden.

#### **NB/T 47018:**

**Klassifizierung und Identifizierung:** Die Cer-Wolframelektrode ist als WC20 definiert, und der Gehalt an Ceroxid beträgt 1,8 % ~ 2,2 %.

**Chemische Zusammensetzung:** Die Reinheit der Wolframmatrix muss  $\geq 99,5$  % betragen und der Verunreinigungsgehalt ist gering.

**Abmessungen und Toleranzen:** Die Elektrodendurchmesser reichen von 18 mm bis 50175 mm für Längen mit moderaten Toleranzen.

**Oberflächenqualität:** Erfordert eine glatte Oberfläche ohne Risse oder Oxide.

**Leistungsanforderungen:** Betonen Sie die hohe Temperaturbeständigkeit und Schweißnahtfestigkeit und müssen den Lichtbogentest bestehen.

**Detektionsmethoden:** RFA wird zur Detektion von Komponenten verwendet, optische Mikroskope werden zur Analyse von Strukturen und Lichtbogeninitiierungstester zur Bewertung der Leistung verwendet.

**Verpackung und Lagerung:** Es ist eine feuchtigkeitsbeständige Verpackung erforderlich, in der die Modellnummer und die Herstellerinformationen angegeben sind.

**Andere Normen:** wie der Marine Industry Standard (CB) und der Railway Industry Standard (TB), die ähnliche Leistungs- und Prüfanforderungen für Cer-Wolfram-Elektroden haben, wobei der Schwerpunkt auf Korrosionsbeständigkeit und hochfestem Schweißen liegt.

#### **Zusätzliche Hinweise**

HB 7716 erfüllt die hohen Präzisionsanforderungen der Luft- und Raumfahrtindustrie mit strengeren Toleranzen und Leistungsstandards und eignet sich zum Schweißen von dünnwandigen Strukturen und Superlegierungen. NB/T 47018 konzentriert sich auf einen hohen Wärmeeintrag und eine hohe Haltbarkeit in der Energiewirtschaft und betont die Stabilität von Elektroden bei langen Schweißperioden. Diese Industrienormen bieten in Übereinstimmung mit GB/T 4192 eine ausführliche Anwendungsanleitung, um die spezifischen Anforderungen bestimmter Branchen zu erfüllen.

### **7.3 Normvergleich und Interpretation von Cer-Wolfram-Elektroden**

#### **7.3.1 Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen in- und ausländischen Normen**

##### **Kontrastreicher Hintergrund**

Es gibt Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen in- und ausländischen Normen in Bezug auf Klassifizierung, chemische Zusammensetzung, Größenanforderungen, Leistungsindikatoren und Prüfmethode von Cer-Wolfram-Elektroden, die die Markteigenschaften, das technische Niveau und die regulatorischen Anforderungen verschiedener Regionen widerspiegeln. Im Folgenden finden Sie einen detaillierten Vergleich von ISO 6848, AWS A5.12, EN 26848, GB/T 4192 und JB/T 12706 aus mehreren Dimensionen.

##### **Klassifizierung und Identifikation:**

**Ähnlichkeiten:** ISO 6848, AWS A5.12, EN 26848, GB/T 4192 und JB/T 12706 Cer-Wolfram-Elektroden definieren als WC20 (EWCe-5.12 für AWS A2) mit einem Ceroxidgehalt von 1,8 %~2,2 %

##### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

und grauen Markierungen an den Enden, um globale Konsistenz zu gewährleisten.

Unterschiede: AWS A5.12 legt Wert auf eine strikte Implementierung der Farbcodierung, und der nordamerikanische Markt hat höhere Anforderungen an die EWCe-2-Graumarkierung. Nationale Normen (wie JB/T 12706) sind flexibler in der Kennzeichnung, so dass Textmarkierungen im Vordergrund stehen können; HB 7716 hat strengere Kennzeichnungsanforderungen für die Luft- und Raumfahrtindustrie, einschließlich Chargennummern und Herstellerinformationen.

#### **Chemische Zusammensetzung:**

Ähnlichkeiten: Alle Standards erfordern eine Reinheit von  $\geq 99,5$  % der Wolframmatrix, einen Ceroxidgehalt von 1,8 % ~ 2,2 % und den Gehalt an Verunreinigungen (wie Eisen, Kohlenstoff, Silizium), deren Stärke kontrolliert werden muss.

Unterschiede: wobei ISO 6848 und EN 26848 detaillierte Anforderungen an die Arten und Schwellenwerte von Reinigungselementen haben, bestimmte Elemente aufgeführt sind (z. B. Eisen  $< 0,05$  %); AWS A5.12 stellt höhere Anforderungen an die Genauigkeit der Erkennung von Verunreinigungen. GB/T 4192 und JB/T 12706 berücksichtigen die inländischen Produktionskosten und haben eine etwas lockerere Kontrolle der Verunreinigungen; HB 7716 erforderte eine Wolframmatrix-Reinheit von  $\geq 99,7$  %, was für die hohen Anforderungen der Luft- und Raumfahrt geeignet ist.

#### **Abmessungen und Toleranzen:**

Ähnlichkeiten: Der Durchmesserbereich (0,510 mm) und der Längenbereich (50300 mm) sind grundsätzlich gleich, und die Toleranzanforderungen entsprechen den Anforderungen an die Präzisionsfertigung.

Unterschiede: AWS A5.12 und HB 7716 haben engere Toleranzanforderungen (z. B. Durchmessertoleranz  $\pm 0,03$  mm), wodurch sie für hochpräzise Anwendungen geeignet sind. GB/T 4192 und JB/T 12706 haben lockere Toleranzen (z. B. Durchmessertoleranz  $\pm 0,1$  mm) und sind für inländische Produktionsbedingungen geeignet; Die Toleranzen der EN 26848 stimmen mit der ISO 6848 überein und betonen die Einheitlichkeit auf dem europäischen Markt.

#### **Oberfläche:**

Ähnlichkeiten: Alle Standards erfordern eine glatte Elektrodenoberfläche ohne Risse, Oxide oder Verunreinigungen und müssen poliert oder chemisch gereinigt werden.

Unterschiede: AWS A5.12 und HB 7716 erfordern höhere Oberflächengüten und müssen die Anforderungen an Lichtbögen mit niedrigem Strom erfüllen. GB/T 4192 und JB/T 12706 stellen unter Berücksichtigung der Produktionskosten moderate Anforderungen an die Oberflächenqualität; Die EN 26848 legt Wert auf umweltfreundliche Reinigungsmethoden und entspricht den europäischen Vorschriften.

#### **Leistungsanforderungen:**

Ähnlichkeiten: Beide Betonnen die Lichtbogeneinleitungsleistung, die Lichtbogenstabilität und die hohe Temperaturbeständigkeit von Cer-Wolfram-Elektroden, die die Lichtbogeneinleitungs- und Dimensionslichtbogentests müssen bestehen.

Unterschiede: ISO 6848 und EN 26848 konzentrieren sich mehr auf die Leistung von Lichtbögen

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

mit geringem Strom und eignen sich für das Präzisionsschweißen; AWS A5.12 deckt die Leistungsanforderungen des DC- und AC-Lötens ab. GB/T 4192 und JB/T 12706 konzentrieren sich stärker auf Szenarien mit hohem Wärmeeintrag; HB 7716 betont die hohe Zuverlässigkeit in der Luft- und Raumfahrt.

#### **Nachweismethode:**

Ähnlichkeiten: Alle erfordern die Detektion der chemischen Zusammensetzung mittels ICP-MS, RFA oder AAS, REM oder Lichtmikroskopie für die Mikrostruktur und einen Lichtbogeninitiiierungstester für die elektrische Leistung.

Unterschiede: AWS A5.12 hat strengere Kalibrierungsanforderungen für Prüfgeräte, die den Einsatz hochpräziser Instrumente erfordern. GB/T 4192 und JB/T 12706 ermöglichen den Einsatz kostengünstigerer Prüfverfahren; HB 7716 erforderte zusätzliche Mikrostrukturtests, um die Gleichmäßigkeit im Nanomaßstab zu überprüfen.

#### **Verpackung und Lagerung:**

Ähnlichkeiten: Beide erfordern eine feuchtigkeits- und staubdichte Verpackung mit Angabe des Modells, der Größe und der Herstellerinformationen.

Unterschiede: AWS A5.12 und EN 26848 haben höhere Umwelanforderungen an Verpackungsmaterialien; GB/T 4192 und JB/T 12706 legen mehr Wert auf die Wirtschaftlichkeit der Verpackung; HB 7716 erfordert eine Verpackung in Luftfahrtqualität, um Transportschäden zu vermeiden.

#### **Zusätzliche Hinweise**

Die Gemeinsamkeit in- und ausländischer Normen besteht darin, die Leistungskonsistenz und Marktvielseitigkeit von Cer-Wolfram-Elektroden zu gewährleisten, während die Unterschiede das technische Niveau und die Anwendungsanforderungen des regionalen Marktes widerspiegeln. ISO 6848 und EN 26848 konzentrieren sich stärker auf die globale Harmonisierung, AWS A5.12 betont hohe Präzisionsanforderungen auf dem nordamerikanischen Markt, GB/T 4192 und JB/T 12706 berücksichtigen die Kosteneffizienz auf dem chinesischen Markt und HB 7716 basieren auf den hohen Zuverlässigkeitsanforderungen der Luft- und Raumfahrt. Die Harmonisierung dieser Normen erleichtert den internationalen Handel, aber die Unterschiede erfordern auch, dass die Unternehmen ihre Produktions- und Prüfstrategien beim Export anpassen.

### **7.3.2 Die leitende Bedeutung der Norm für Produktion und Anwendung**

#### **Hintergrund der Anleitung**

In- und ausländische Normen bieten eine umfassende technische Anleitung für die Herstellung und Anwendung von Cer-Wolfram-Elektroden, von der Auswahl des Rohmaterials bis zur Optimierung des Schweißprozesses, um die Produktqualität und Prozesssicherheit zu gewährleisten. Im Folgenden wird die leitende Bedeutung der Norm unter zwei Aspekten erläutert: Herstellung und Anwendung.

#### **Anleitung zur Produktion:**

Rohstoffauswahl: Alle Standards erfordern eine Wolframmatrix-Reinheit von  $\geq 99,5\%$  und einen Ceroxidgehalt von  $1,8\% \sim 2,2\%$ , was Unternehmen dazu veranlasste, hochreines Wolframpulver

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

und Ceroxid zu wählen, um sicherzustellen, dass die Inhaltsstoffe den Anforderungen entsprechen. Die höheren Reinheitsanforderungen des HB 7716 ( $\geq 99,7\%$ ) veranlassen Luft- und Raumfahrtunternehmen, hochreine Rohstoffe einzusetzen.

Prozesskontrolle: Maßtoleranzen und Anforderungen an die Oberflächenqualität, die in der Norm sind und Unternehmen bei der Optimierung von Pulvermetallurgie-, Press-, Sinter- und Verarbeitungsprozessen festgelegt unterstützen. Die engen Toleranzanforderungen von AWS A5.12 treiben den Einsatz von hochpräzisen Geräten voran, während die moderaten Toleranzen von GB/T 4192 für die Produktionskapazität kleiner und mittlerer Unternehmen geeignet sind.

Qualitätsprüfung: Die Norm erläutert die Prüfmethode (z. B. ICP-MS, SEM, Lichtbogenstarttest) und leitet Unternehmen an, ein Qualitätskontrollsystem einzurichten, um die Konsistenz der Elektrodenleistung sicherzustellen. Die Anforderungen der Umweltprüfung nach EN 26848 haben Unternehmen dazu veranlasst, umweltfreundliche Reinigungstechnologien einzusetzen.

Einhaltung der Zertifizierung: Die Norm verlangt von Unternehmen, dass sie den Test der Zertifizierungsstelle bestehen und ein Konformitätszertifikat erhalten, um die Wettbewerbsfähigkeit des Produkts auf dem Markt zu verbessern. Internationale Zertifizierungen für ISO 6848 und AWS A5.12 sind besonders wichtig für einen einfachen Zugang zu globalen Märkten.

#### **Anwendungshinweise:**

Optimierung der Schweißparameter: Empfehlungen für den Standardstrombereich, die Schutzgasart und den Kegelwinkel leiten den Benutzer bei der Optimierung des Schweißprozesses an. So empfiehlt beispielsweise ISO 6848 Niedrigstrom-Lichtbogenparameter für das Präzisionsschweißen; Der NB/T 47018 bietet hohe thermische Eingangsparameter und ist für die Energiewirtschaft geeignet.

Branchenanpassung: Der Standard bietet maßgeschneiderte Anleitungen für unterschiedliche Branchenanforderungen. HB 7716 eignet sich für hochpräzises Schweißen in der Luft- und Raumfahrt, JB/T 12706 für hochintensives Schweißen in der mechanischen Industrie und AWS A5.12 deckt DC- und AC-Schweißszenarien ab.

Sicherheit und Umweltschutz: Die Umweltauflagen der EN 26848 und GB/T 4192 leiten Unternehmen an, umweltfreundliche Verpackungen und Materialien mit geringer Radioaktivität einzusetzen, um eine sichere Verwendung zu gewährleisten. Die Farbcodierung von AWS A5.12 Benutzer führt bei der schnellen Auswahl von Elektrodentypen.

Wettbewerbsfähigkeit auf dem Markt: Elektroden, die internationalen Standards entsprechen, werden mit größerer Wahrscheinlichkeit auf den nordamerikanischen und europäischen Markt gelangen, während Elektroden, die den nationalen Standards entsprechen, die lokalen Kosten- und Leistungsanforderungen erfüllen und die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen in verschiedenen Märkten verbessern.

#### **Zusätzliche Hinweise**

Die leitende Bedeutung der Norm besteht darin, einen einheitlichen technischen Rahmen für Produktion und Anwendung zu schaffen, der sicherstellt, dass die Qualität und Leistung von Cer-Wolfram-Elektroden den Anforderungen der Industrie entspricht. Internationale Standards (wie ISO 6848, AWS A5.12) fördern die globale Produktion und den globalen Handel, während nationale Standards (wie GB/T 4192, JB/T 12706) die Merkmale des chinesischen Marktes kombinieren, um

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Leistung und Kosten in Einklang zu bringen. Industriestandards wie HB 7716 verfeinern die Anforderungen für spezielle Szenarien weiter und unterstützen hochpräzise und hochzuverlässige Anwendungen.

## 7.4 Normaktualisierung und Entwicklungstrend der Cer-Wolfram-Elektrode

### 7.4.1 Auswirkungen neuer Technologien auf Normen

#### Hintergrundanalyse

Neue Technologien (wie Nanodotierung, intelligente Detektion und umweltfreundliche Produktion) haben neue Anforderungen an die Leistung und den Produktionsprozess von Cer-Wolfram-Elektroden gestellt, was zu einer kontinuierlichen Aktualisierung der Normen führt, um sie an den technologischen Fortschritt und die Marktanforderungen anzupassen.

**Nanodotierungstechnologie:** Um die Lichtbogenzündungsleistung und die Ausbrennfestigkeit von Elektroden durch nanoskalige Ceroxid-Dotierung zu verbessern, müssen neue Zusammensetzungs- und Prüfstandards formuliert werden.

**Intelligente Detektionstechnologie:** KI-gestützte Detektions- und Online-Überwachungstechnologie verbessert die Testeffizienz und -genauigkeit, und neue Detektionsmethoden und -anforderungen müssen in der Norm definiert werden.

**Umweltfreundliche Produktionstechnologie:** Die energiesparende Produktion und die Abfallrecyclingtechnologie erfordern Normen, die Umweltschutzklauseln hinzufügen, um die Umweltauswirkungen im Produktionsprozess zu reduzieren.

#### Standardinhalte

**Anforderungen an die Zusammensetzung:** Neu hinzugefügte Klassifizierungen von nanodotierten Elektroden, wie z. B. WC20-N (nanoskaliges Ceroxid), spezifizieren die Ceroxid-Partikelgröße (<100 nm) und die Anforderungen an die Gleichmäßigkeit der Verteilung.

**Erkennungsmethoden:** KI-gestützte Erkennungsstandards werden eingeführt, die die Verwendung von Algorithmen des maschinellen Lernens zur Analyse von Zusammensetzungs-, Mikrostruktur- und Leistungsdaten festlegen und Anforderungen an die Datengenauigkeit und Wiederholbarkeit definieren.

**Leistungsanforderungen:** Zusätzliche Leistungsindikatoren, die für hochpräzises Schweißen geeignet sind, wie z. B. Lichtbögen mit extrem niedrigem Strom (<10 A) und dauerhafter Lichtbogenstabilität (> 10 Stunden).

**Verpackung und Lagerung:** Die Verwendung von recycelbaren Verpackungsmaterialien und die Angabe der besonderen Eigenschaften von nanodotierten Elektroden zur Erfüllung der Anforderungen an eine umweltfreundliche Herstellung.

**Zertifizierungsanforderungen:** Neue Zertifizierungsstandards für intelligente Prüfmittel, um die Zuverlässigkeit und Konsistenz der Prüfergebnisse zu gewährleisten.

#### Zusätzliche Hinweise

Die Einführung neuer Technologien hat die Modernisierung von Cer-Wolfram-Elektrodenstandards vorangetrieben, wie z. B. die Nanodotierungstechnologie, die eine stärkere Mikrostrukturdetektion

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

erfordert, und die intelligente Nachweistechnologie erfordert standardisierte Datenverarbeitungsprozesse. Diese Aktualisierungen machen den Standard anpassungsfähiger an die Anforderungen von Hochleistungselektroden und umweltfreundlicher Produktion und bieten Unternehmen eine Orientierungshilfe für die Aufrüstung ihrer Technologie.

#### 7.4.2 Änderungen der Umweltschutz- und Sicherheitsanforderungen

##### Hintergrundanalyse

Die weltweite Betonung der nachhaltigen Entwicklung und des Gesundheitsschutzes am Arbeitsplatz hat dazu geführt, dass die Normen für Cer-Wolframelektroden die Anforderungen an den Umweltschutz und die Sicherheit erhöhen, was Änderungen bei regulatorischen Trends wie der REACH-Verordnung der EU und den Umweltschutzbestimmungen Chinas widerspiegelt.

Anforderungen an den Umweltschutz: Reduzieren Sie die Emissionen von Abgasen, flüssigen Abfällen und festen Abfällen im Produktionsprozess und fördern Sie eine umweltfreundliche Produktionstechnologie.

Sicherheitsanforderungen: Reduzieren Sie das Radioaktivitätsrisiko von Elektroden und die Exposition gegenüber Schadstoffen während der Produktion und schützen Sie die Gesundheit der Bediener.

Regulatorisch orientiert: Die EU-REACH-Verordnung verlangt die Einhaltung der Umweltvorschriften für Materialien, und das chinesische Umweltschutzgesetz legt den Schwerpunkt auf die Abfallentsorgung und die Emissionskontrolle.

##### Standardinhalte

Abfallwirtschaft: Neue Anforderungen an das Recycling und die Behandlung von Abfällen, die Verwertungsquote von Wolframpulver und Ceroxidabfällen im Produktionsprozess festlegen (z. B. >90 %), um die Umweltbelastung zu reduzieren.

Radioaktivitätskontrolle: Verschärfung der Standards für den Radioaktivitätsnachweis, wobei Cer-Wolfram-Elektroden Radioaktivitätswerte unterhalb der Sicherheitsgrenzwerte (z. B. <1 Bq/g) aufweisen müssen und die Überprüfung durch Gammastrahlenspektroskopie erfolgt.

Arbeitsschutz: Zusätzliche Anforderungen an die Überwachung von Staub und schädlichen Gasen (z. B. CO und NO<sub>x</sub>) kommen hinzu und es werden Luftqualitätsstandards in Produktionswerkstätten (z. B. Staubkonzentration < 0,1 mg/m<sup>3</sup>) festgelegt.

Umweltfreundliche Verpackungen: Verlangen Sie die Verwendung von recycelbaren oder biologisch abbaubaren Verpackungsmaterialien, reduzieren Sie den Einsatz von Kunststoffen und geben Sie Informationen zur Umweltzertifizierung an.

Detektionsmethoden: Die Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) wird zur Detektion von Abgasen verwendet, die Flüssigkeitschromatographie (LC) wird zur Analyse von Abfallflüssigkeiten verwendet, und Partikelzähler werden zur Überwachung von Staub verwendet, um die Einhaltung der Umweltvorschriften sicherzustellen.

Zertifizierungsanforderungen: Unternehmen müssen Umweltschutz- und Sicherheitszertifizierungen bestehen, Berichte über die Abfallbehandlung und die Überwachung der Luftqualität einreichen und eine Zertifizierung für umweltfreundliche Produktion erhalten.

##### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

### Zusätzliche Hinweise

Die Verschärfung der Umwelt- und Sicherheitsanforderungen spiegelt den globalen Trend zu einer umweltfreundlichen Fertigung wider, wobei Cer-Wolfram-Elektrodenunternehmen dazu anleiten, grüne Technologien und Sicherheitsmaßnahmen durch neue Bestimmungen zur Abfallwirtschaft, zur Radioaktivitätskontrolle und zum Arbeitsschutz einzuführen. Diese Anforderungen erhöhen nicht nur die Umweltfreundlichkeit der Elektroden, sondern auch die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens auf dem internationalen Markt.



### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

## CTIA GROUP LTD

### Cerium Tungsten Electrode Introduction

#### 1. Overview of Cerium Tungsten Electrode

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO<sub>2</sub>). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

#### 2. Features of Cerium Tungsten Electrode

**Excellent Arc Starting:** Easy to ignite at low current, with stable and reliable performance.

**Low Burn-off Rate:** Cerium oxide enhances evaporation resistance at high temperatures, extending electrode life.

**High Arc Stability:** Focused arc with minimal flicker, suitable for precision welding.

**Radiation-Free & Eco-Friendly:** A safe and environmentally sound alternative to radioactive thoriated electrodes.

#### 3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode

Type	CeO <sub>2</sub> Content	Color Code	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

#### 4. Applications of Cerium Tungsten Electrode

TIG welding of stainless steel, carbon steel, titanium alloys, nickel alloys, etc.

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

Low-current plasma arc cutting and high-frequency ignition systems

#### 5. Procurement Information

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: [www.tungsten.com.cn](http://www.tungsten.com.cn)

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Copyright© 2025 CTIA All Rights Reserved  
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2025 version  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

Tel: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2025V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

## Kapitel 8 Detektion von Cer-Wolfram-Elektroden

Als Hochleistungselektrode ohne Verbrauchsmaterial wirkt sich die Qualität der Cer-Wolfram-Elektrode direkt auf die Stabilität und Effizienz von Schweiß- und Schneidprozessen aus. Die Prüfung ist ein wichtiges Bindeglied, um sicherzustellen, dass die Leistung von Cer-Wolfram-Elektroden den Normen entspricht, die chemische Zusammensetzung, die physikalischen Eigenschaften, die elektrischen Eigenschaften, die Mikrostruktur, die Umwelt- und Sicherheitsaspekte sowie andere Aspekte abdecken. In diesem Kapitel werden die Nachweismethoden von Cer-Wolframelektroden systematisch unter sechs Aspekten erläutert: Prüfung der chemischen Zusammensetzung, Prüfung der physikalischen Eigenschaften, Prüfung der elektrischen Leistung, Prüfung des Gefüges, Umwelt- und Sicherheitsprüfung sowie Prüfung von Geräten und Technologien und analysiert eingehend die Prinzipien, Methoden, Betriebsprozesse, Einflussfaktoren, Optimierungsstrategien und zukünftige Entwicklungstrends jeder Erkennung.

### 8.1 Nachweis der chemischen Zusammensetzung von Cer-Wolfram-Elektroden

Die Prüfung der chemischen Zusammensetzung wird verwendet, um den Ceroxidgehalt, die Verunreinigungselemente und die Gleichmäßigkeit der Zusammensetzung von Cerwolframelektroden zu analysieren und sicherzustellen, dass die Elektroden hohe Leistungsanforderungen erfüllen. Diese Nachweismethoden müssen hochgenau und zuverlässig sein, um die Leistungsoptimierung der Elektroden zu unterstützen.

#### 8.1.1 Analyse des Ceroxidgehalts

##### Detektionsprinzip

Die Analyse des Ceroxidgehalts misst den Massenanteil von Ceroxid ( $\text{CeO}_2$ ) in der Elektrode (typischerweise 2%~4%) durch Spektroskopie oder Massenspektrometrie, um zu überprüfen, ob das Dotierungsverhältnis dem Standard entspricht. Zu den gängigen Methoden gehören die Massenspektrometrie mit in gekoppeltem Plasma (ICP-MS) und die Röntgenfluoreszenzspektroskopie (RFA). Diese Technologien quantifizieren das charakteristische Signal des Cerelements und seines Gehalts und gewährleisten so die Lichtbogenzündungsleistung und die Lichtbogenstabilität der Elektrode.

ICP-MS-Prinzip: Die Probe wird in einem Hochtemperaturplasma (ca. 6000~10000 K) ionisiert, und das Massenspektrometer trennt das Cerelement nach Ionenmasse und detektiert seine Konzentration (ppb-Genauigkeit).

RFA-Prinzip: Röntgenstrahlung regt Probenatome an, erzeugt charakteristische Fluoreszenz, analysiert die Signalintensität von Cer und bestimmt schnell den Gehalt (ppm-Genauigkeit).

Vorteile: ICP-MS für die Spurenanalyse, RFA für schnelle, zerstörungsfreie Prüfungen.

##### Identifizieren Sie die Methode

##### ICP-MS-Methode:

Die Sonde wird in einer sauren Lösung (z. B. Salpeter- oder Salzsäure) gelöst, um eine homogene Lösung zu bilden.

Die Lösung gelangt durch ein Sprühgerät in das Plasma, und das Cerionensignal wird mit einem

##### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Massenspektrometer analysiert.

Der Ceroxidgehalt wurde durch Kalibrierung der Normkurve berechnet.

#### **RFA-Methode:**

Die Oberfläche der Sonde wird poliert und unter einen Röntgenstrahl gelegt.

Der Detektor sammelt das Fluoreszenzsignal und die Analysesoftware berechnet den Cergehalt.

Kalibrieren Sie Standardproben, um genaue Ergebnisse zu gewährleisten.

#### **Ablauf der Bedienung**

##### **Probenvorbereitung:**

Entnehmen Sie Proben von den Elektroden (z. B. Scheiben oder Pulver), um die Repräsentativität sicherzustellen.

Reinigen Sie die Probenoberfläche, um Oxidschichten oder Verunreinigungen zu entfernen.

##### **Einrichtung des Geräts:**

ICP-MS: Kalibrieren Sie die Plasmaleistung und die Auflösung des Massenspektrometers, stellen Sie den Nachweisbereich ein (Cer  $m/z=140$ ).

RFA: Kalibrieren Sie die Spannung der Röntgenröhre (30~50 kV) und die Empfindlichkeit des Detektors.

##### **Ablauf der Prüfung:**

ICP-MS: Sprühen Sie die Probenlösung in das Plasma, zeichnen Sie die massenspektrometrischen Daten auf und wiederholen Sie die Messung dreimal.

RFA: Legen Sie die Sonde unter einen Strahl, zeichnen Sie das Fluoreszenzsignal auf und analysieren Sie es mehrmals, um einen Mittelwert zu ermitteln.

##### **Datenanalyse:**

Zur Berechnung des Ceroxidgehalts wurde eine Analysesoftware verwendet, um die Einhaltung der Norm (2%~4%) zu überprüfen.

Überprüfen Sie die Datenkonsistenz und schließen Sie den Ausreißer ab.

#### **Einflussfaktoren**

Probenqualität: Oxidation oder Kontamination der Probenoberfläche kann zu verzerrten Ergebnissen führen.

Gerätegenauigkeit: Die Plasmastabilität des ICP-MS und die Detektorauflösung der RFA beeinflussen die Detektionsgenauigkeit.

Kalibrierstandards: Die Qualität von Standardproben wirkt sich direkt auf die Kalibrierengenauigkeit aus.

Umgebungsbedingungen: Die Sauberkeit des Labors (ISO-Stufe 5, Partikelkonzentration  $<3520$  Partikel/ $m^3$ ) und die Luftfeuchtigkeit ( $<20\%$ ) beeinflussen die Stabilität des Tests.

Betriebsspezifikationen: Das technische Niveau des Bedieners und die Wartung der Ausrüstung beeinflussen die Zuverlässigkeit der Ergebnisse.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Probenoptimierung: Verbessern Sie die Oberflächenqualität der Sonde durch Ultraschallreinigung und -politik.

Geräte-Upgrade: Hochauflösende ICP-MS (Auflösung  $<0,01$  amu) und RFA (Detektorempfindlichkeit  $<0,1$  eV).

Optimierung der Kalibrierung: Verwenden Sie hochreine Standardproben und kalibrieren Sie die Geräte regelmäßig.

Umweltmanagement: Ausgestattet mit hocheffizienten Filtersystemen und Geräten mit konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit, um eine stabile Testumgebung zu gewährleisten.

Datenanalyse: Aufbau einer Komponentendatenbank und Optimierung der Erkennungsgenauigkeit in Kombination mit statistischen Analysen.

### **Zukunftstrends**

Hochdurchsatz-Analyse: Entwicklung der ICP-MS-Technologie für den gleichzeitigen Nachweis mehrerer Elemente zur Verbesserung der Effizienz.

Intelligente Erkennung: Optimieren Sie die Datenverarbeitung durch Algorithmen der künstlichen Intelligenz, um menschliche Fehler zu reduzieren.

Grüne Technologie: Entwicklung energiesparender Analyseinstrumente, um den Einsatz von Säuren zu reduzieren.

Neue Technologien wie die laserinduzierte Breakdown-Spektroskopie (LIBS) für schnelle, zerstörungsfreie Prüfungen.

## **8.1.2 Erkennung von Reinigungselementen**

### **Detektionsprinzip**

Die Detektion von Verunreinigungselementen wird verwendet, um Spurenelemente (z. B. Eisen, Kohlenstoff, Sauerstoff usw.) in der Elektrode zu identifizieren und sicherzustellen, dass ihre Werte unter dem Standardschwellenwert (typischerweise  $< 100$  ppm) liegen. Zu den gängigen Methoden gehören die ICP-MS, die Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) und die Glimmladungs-Massenspektrometrie (GD-MS). Diese Techniken bewerten den Einfluss von Reinigungselementen auf die Leistung der Elektroden, damit sie ihre charakteristischen Signale erkennen.

AAS-Prinzip: Probenatome absorbieren bestimmte Wellenlängen des Lichts, analysieren die Absorptionsintensität, um den Verunreinigungsgehalt zu bestimmen.

GD-MS-Prinzip: Glimmladungsionisation von Proben, Massenspektrometrie analysiert Verunreinigungsionensignale.

Vorteile: GD-MS eignet sich für die Oberflächenanalyse, AAS eignet sich für die hochempfindliche Einzelelementdetektion.

### **Identifizieren Sie die Methode**

#### **AAS-Methode:**

Die Sonde wird in Säure aufgelöst und in den Strahlengang zerstäubt.

Die Lichtquelle emittiert eine bestimmte Wellenlänge des Lichts, und der Detektor zeichnet das Absorptionssignal auf.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Der Verunreinigungsgehalt wird anhand von Standardkurven berechnet.

#### **GD-MS-Methode:**

Die Sonde wird in eine Glimmerladungskammer gegeben und in das Massenspektrometer ionisiert. Analysieren Sie das Signal der Verunreinigung und quantifizieren Sie den Gehalt.

#### **Ablauf der Bedienung**

##### **Probenvorbereitung:**

Probenahme und Reinigung zur Entfernung von Oberflächenverunreinigungen.

Gelöste Probe (AAS) oder polierte Oberfläche (GD-MS).

##### **Einrichtung des Geräts:**

AAS: Kalibrierung der Wellenlänge der Lichtquelle und der Zerstäuberparameter.

GD-MS: Stellen Sie die Entladespannung und die Auflösung des Massenspektrometers ein.

##### **Ablauf der Prüfung:**

AAS: Vernebelung von Proben, Aufzeichnung von Absorptionssignalen, wiederholte Messungen.

GD-MS: Initiieren Sie die Entladung, erfassen Sie die massenspektrometrischen Daten, analysieren Sie sie mehrmals.

##### **Datenanalyse:**

Schätzen Sie den Gehalt an Verunreinigungen, um sicherzustellen, dass er unter dem Standardschwellenwert liegt.

Bewerten Sie die Datenkonsistenz und schließen Sie Ausreißer aus.

##### **Einflussfaktoren**

Probenqualität: Oberflächenverunreinigungen oder Inhomogenität können die Testergebnisse beeinträchtigen.

Gerätegenauigkeit: Die Stabilität der Lichtquelle und die Auflösung des Massenspektrometers beeinflussen die Detektionsgenauigkeit.

Kalibrierstandards: Die Reinheit der Standardprobe beeinflusst die Kalibrierengenauigkeit.

Umgebungsbedingungen: Sauberkeit und Feuchtigkeit beeinflussen die Stabilität des Tests.

Betriebsspezifikationen: Das Kenntnisniveau des Bedieners wirkt sich auf die Zuverlässigkeit der Ergebnisse aus.

#### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Probenoptimierung: Verbessern Sie die Probenreinheit durch chemische Reinigung.

Geräte-Upgrade: Verwenden Sie hochempfindliche AAS und GD-MS.

Optimierung der Kalibrierung: Verwenden Sie Standardproben mit mehreren Elementen.

Umweltmanagement: Ausgestattet mit einem hocheffizienten Filtersystem.

Datenanalyse: Richten Sie eine Datenbank für Verunreinigungen ein und optimieren Sie den Nachweisprozess.

#### **Zukunftstrends**

##### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Multielement-Detektion: Entwicklung von Techniken zum gleichzeitigen Nachweis mehrerer Verunreinigungen.

Intelligente Erkennung: Optimieren Sie die Reinigungsanalyse mit maschinellem Lernen.

Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Prüfgeräten.

Neue Technologien wie Synchrotron-RFA verbessern die Detektionsgenauigkeit.

### 8.1.3 Bewertung der Homogenität

#### Detektionsprinzip

Die Gleichmäßigkeitsbewertung überprüft die Gleichmäßigkeit der Dotierung, wobei die Verteilung von Ceroxid in der Elektrode analysiert wird, um die Lichtbogenstabilität und die Lebensdauer der Elektrode sicherzustellen. Gängige Methoden sind die Röntgenomographie (X-CT) und die Elektronensondenmikroanalyse (EPMA). Diese Techniken bewerten die Dispersion von Ceroxidpartikeln durch Bildgebung oder Elementverteilungsanalyse.

Röntgen-CT-Prinzip: Röntgenstrahlen dringen in die Probe ein, erzeugen ein dreidimensionales Strukturbild und analysieren die Verteilung von Ceroxid.

EPMA-Prinzip: Der Elektronenstrahl regt die Probe an, analysiert charakteristische Röntgenstrahlen und zeichnet Elementverteilungskarten.

Vorteile: X-CT für die 3D-Analyse, EPMA für die hochauflösende Oberflächenanalyse.

#### Identifizieren Sie die Methode

##### X-CT-Methode:

Die Sonde wird auf einen rotierenden Tisch gelegt und der Röntgenscan erzeugt ein tomographisches Bild.

Die Analysesoftware rekonstruiert die dreidimensionale Struktur und wertet die Ceroxid-Verteilung aus.

##### EPMA-Methode:

Die Sonde wird poliert und unter einen Elektronenstrahl gelegt, um das Röntgensignal aufzuzeichnen.

Analysieren Sie Elementverteilungskarten, um die Gleichmäßigkeit zu quantifizieren.

#### Ablauf der Bedienung

##### Probenvorbereitung:

Schneiden oder polieren Sie die Sonde, um eine ebene Oberfläche zu erhalten.

Reinigen Sie die Sonde, um Verunreinigungen zu entfernen.

##### Einrichtung des Geräts:

Röntgen-CT: Kalibriert die Röntgenintensität und die Drehtischgeschwindigkeit.

EPMA: Stellen Sie die Elektronenstrahlenergie (15~20 keV) und die Detektorempfindlichkeit ein.

##### Ablauf der Prüfung:

X-CT: Proben scannen, 3D-Bilder erzeugen, Verteilungen analysieren.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

EPMA: Scannen Sie die Oberfläche der Probe und kartieren Sie die Verteilung der Elemente.

#### **Datenanalyse:**

Bewerten Sie die Dispersion von Ceroxidpartikeln und überprüfen Sie die Gleichmäßigkeit.  
Überprüfen Sie die Datenkonsistenz und schließen Sie den Ausreißer ab.

#### **Einflussfaktoren**

Probenqualität: Die Rauheit oder Verschmutzung der Oberfläche beeinflusst die analytische Genauigkeit.

Genauigkeit des Geräts: Die Röntgenintensität und die Auflösung des Elektronenstrahls beeinflussen die Ergebnisse.

Kalibrierstandards: Die Gleichmäßigkeit der Standardprobe beeinflusst die Kalibriergenauigkeit.

Umgebungsbedingungen: Sauberkeit und Vibrationen beeinträchtigen die Detektionsstabilität.

#### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Probenoptimierung: Verbessern Sie die Probenqualität durch Polieren und Reinigen.

Geräte-Upgrade: Hochauflösendes X-CT und EPMA werden eingesetzt.

Optimierung der Kalibrierung: Verwenden Sie eine Homogenitätsstandardprobe.

Umweltmanagement: Ausgestattet mit Anti-Vibrations- und Sauberkeitssystemen.

Datenanalyse: Richten Sie eine verteilte Datenbank ein, um den Analyseprozess zu optimieren.

#### **Zukunftstrends**

Hochauflösende 3D-Analyse: Entwicklung der nanoskaligen X-CT-Technologie.

Intelligente Erkennung: Optimieren Sie die Verteilungsanalyse durch künstliche Intelligenz.

Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Prüfgeräten.

Neue Technologien wie Synchrotron X-CT verbessern die Auflösung.

## **8.2 Physikalische Eigenschaften von Cer-Wolfram-Elektroden**

Die Prüfung physikalischer Eigenschaften wird verwendet, um die Dichte, Härte, Maßgenauigkeit, Oberflächenqualität und thermischen Eigenschaften von Elektroden zu bewerten und sicherzustellen, dass sie die mechanischen und prozessualen Anforderungen erfüllen.

### **8.2.1 Prüfung der Dichte und Härte**

#### **Detektionsprinzip**

Bei Dichteprüfungen wird die volumetrische Dichte von Elektroden nach dem Archimedischen Prinzip gemessen, bei Härteprüfungen wird der Verformungswiderstand durch Eindringmethoden wie die Vickers-Härte bewertet. Diese Eigenschaften wirken sich direkt auf die Haltbarkeit und Schweißstabilität der Elektroden aus.

Prinzip der Dichteprüfung: Berechnen Sie die Dichte (Zielwert beträgt ca.  $19,0 \sim 19,3 \text{ g/cm}^3$ ), indem Sie die Masse und das Drainagevolumen der Elektrode messen.

Prinzip der Härteprüfung: Die Eindringgröße wird gemessen, indem die Kraft auf den Diamanteindringkörper ausgeübt wird, und der Härtewert wird berechnet (Vickers-Härte beträgt ca.

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

400 ~ 600 HV).

### **Identifizieren Sie die Methode**

#### **Dichte-Test:**

Die Messung von Masse und Volumen erfolgt mit hochpräzisen elektronischen Waagen und Entwässerungsgeräten.

Bewerten Sie die Dichte, um die Einhaltung von Standards zu überprüfen.

#### **Härteprüfung:**

Verwenden Sie ein Vickers-Härteprüfgerät, um eine Last (z. B. 0,5 ~ 1 kg) aufzubringen.

Messen Sie die diagonale Länge des Eindrucks und berechnen Sie den Härtewert.

### **Ablauf der Bedienung**

#### **Probenvorbereitung:**

Polieren Sie die Probenoberfläche, um eine ebene Oberfläche zu gewährleisten.

Reinigen Sie die Sonde, um Verunreinigungen zu entfernen.

#### **Einrichtung des Geräts:**

Dichtepfung: Kalibrierung von Waagen und Entleerungen.

Härteprüfung: Last und Haltezeit einstellen.

#### **Ablauf der Prüfung:**

Dichtetest: Masse und Drainagevolumen messen, dreimal wiederholen.

Härteprüfung: Belasten Sie, messen Sie die Eindruckgröße, wiederholen Sie den Vorgang mehrmals.

#### **Datenanalyse:**

Bewerten Sie Dichte- und Härtewerte, um die Einhaltung von Normen zu überprüfen.

Überprüfen Sie die Datenkonsistenz.

### **Einflussfaktoren**

Probenqualität: Oberflächenrauheit oder innere Defekte beeinflussen die Prüfergebnisse.

Genauigkeit der Ausrüstung: Die Genauigkeit von Waagen und Härteprüfern wirkt sich auf die Prüfgenauigkeit aus.

Umgebungsbedingungen: Temperatur und Luftfeuchtigkeit beeinflussen die Stabilität der Messung.

Betriebsspezifikationen: Das Kenntnisniveau des Bedieners wirkt sich auf die Zuverlässigkeit der Ergebnisse aus.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Probenoptimierung: Verbessern Sie die Oberflächenqualität durch Polieren.

Ausrüstungs-Upgrade: Nehmen Sie ein hochpräzises Auswucht- und Härteprüfgerät an.

Optimierung der Kalibrierung: Kalibrieren Sie das Gerät anhand von Standardproben.

Umweltmanagement: Ausgestattet mit einem System mit konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

Datenanalyse: Richten Sie eine Datenbank für Dichte und Härte ein.

### **Zukunftstrends**

Berührungslose Prüfung: Entwicklung der Laserdichtemesstechnik.

Intelligente Erkennung: Optimieren Sie die Datenanalyse durch künstliche Intelligenz.

Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Prüfgeräten.

Neue Technologien: wie die Ultraschall-Härteprüfung, um die Effizienz zu verbessern.

## **8.2.2 Prüfung der Maßhaltigkeit und Oberflächengüte**

### **Detektionsprinzip**

Bei der Maßgenauigkeitsprüfung werden der Durchmesser und der Kegelwinkel der Elektroden durch optische oder Lasermessungen überprüft, bei der Oberflächenqualitätsprüfung werden die Oberflächengüte durch Mikroskopie oder Rauheitsmessgeräte bewertet. Diese Eigenschaften beeinflussen die Leistung der Lichtbogenzündung und die Lebensdauer der Elektrode.

Prinzip der Maßhaltigkeit: Das Laser-Entfernungsmesser misst die Elektrodengröße durch Strahlreflexion (Genauigkeit  $< 0,01$  mm).

Prinzip der Oberflächenqualität: Die Oberfläche wird unter dem Mikroskop vergrößert und die Oberflächenparameter (z. B.  $Ra < 0,1$   $\mu$ m) werden mit einem Rauheitsmessgerät gemessen.

### **Identifizieren Sie die Methode**

#### **Prüfung der Maßhaltigkeit:**

Die Elektroden werden mit einem Laser-Entfernungsmesser abgetastet, wobei der Durchmesser und der Kegelwinkel erfasst werden.

Die Analysesoftware berechnet die Maßabweichung.

#### **Prüfung der Oberflächenqualität:**

Oberflächendefekte werden mit einem Lichtmikroskop betrachtet.

Das Rauheitsmessgerät misst die Oberflächenparameter und erzeugt eine Rauheitskurve.

### **Ablauf der Bedienung**

#### **Probenvorbereitung:**

Reinigen Sie die Elektrodenoberfläche, um Verunreinigungen zu entfernen.

Fixieren Sie die Sonde, um die Messstabilität zu gewährleisten.

#### **Einrichtung des Geräts:**

Laser-Entfernungsmesser: Kalibrieren Sie den Strahl und den Sensor.

Mikroskop und Rauheitsmessgerät: Stellen Sie Vergrößerungs- und Sondenparameter ein.

#### **Ablauf der Prüfung:**

Maßprüfung: Scannen Sie die Elektrode und erfassen Sie die Maßdaten.

Oberflächeninspektion: Beobachten Sie die Oberfläche und messen Sie die Rauheit.

#### **Datenanalyse:**

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Stellen Sie sicher, dass die Abmessungen und die Oberflächenqualität den Normen entsprechen.  
Überprüfen Sie die Datenkonsistenz.

### **Einflussfaktoren**

Probenqualität: Verunreinigungen oder Beschädigungen der Oberfläche beeinträchtigen die Messergebnisse.

Gerätegenauigkeit: Die Auflösung von Lasern und Mikroskopen beeinflusst die Prüfgenauigkeit.

Umgebungsbedingungen: Vibrationen und Licht beeinträchtigen die Stabilität der Messung.

Betriebsspezifikationen: Das Kenntnisniveau des Bedieners beeinflusst die Ergebnisse.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Probenoptimierung: Verbessern Sie die Oberflächenqualität durch Polieren.

Ausrüstungs-Upgrade: Nehmen Sie ein hochpräzises Laser-Entfernungsmesser und ein Mikroskop an.

Optimierung der Kalibrierung: Kalibrieren Sie das Gerät anhand von Standardproben.

Umweltmanagement: ausgestattet mit Antivibrations- und Konstantlichtsystemen.

Datenanalyse: Richten Sie eine Datenbank mit Abmessungen und Oberflächen ein.

### **Zukunftstrends**

3D-Scantechnologie: Verbessern Sie die Genauigkeit der dimensional Messungen.

Intelligente Inspektion: Optimieren Sie die Oberflächenanalyse mit künstlicher Intelligenz.

Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Prüfgeräten.

Neue Technologien, wie z. B. Weißlichtinterferometer, verbessern die Genauigkeit der Oberflächenmessung.

## **8.2.3 Prüfung der thermischen Leistung**

### **Detektionsprinzip**

Bei der thermischen Leistungsprüfung wird die Hitzebeständigkeit und thermische Stabilität von Elektroden bewertet, wobei Hochtemperaturumgebungen simuliert werden, um ihre Leistung bei Schweißtemperaturen sicherzustellen. Zu den gängigen Methoden gehören die thermogravimetrische Analyse (TGA) und die Hochtemperatur-Oxidationsprüfung.

TGA-Prinzip: Messen Sie den Massenverlust von Elektroden bei hohen Temperaturen, bewerten Sie die Flüchtigkeit und Stabilität von Ceroxid.

Hochtemperatur-Oxidationstest: Testen Sie den Oxidationswiderstand der Elektrode in einer Hochtemperaturatmosphäre (>2000 °C).

### **Identifizieren Sie die Methode**

#### **TGA-Methode:**

Die Sonde wird in einen thermogravimetrischen Analysator gegeben und auf die Zieltemperatur erhitzt.

Erfassen Sie Massenänderungen und analysieren Sie die thermische Stabilität.

Hochtemperatur-Oxidationstest:

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

Die Sonde wird in einen Hochtemperaturofen gegeben und durch Sauerstoff oder Luft geleitet.  
Messen Sie den Grad der Oberflächenoxidation und des Massenverlusts.

### **Ablauf der Bedienung**

#### **Probenvorbereitung:**

Schneiden Sie die Sonde und reinigen Sie die Oberfläche.  
Stellen Sie sicher, dass Sie eine einheitliche Stichprobengröße haben.

#### **Einrichtung des Geräts:**

TGA: Kalibrierte Heizrate und Wuchtgenauigkeit.  
Hochtemperaturofen: Stellen Sie Temperatur- und Atmosphärenparameter ein.

#### **Ablauf der Prüfung:**

TGA: Erhitzen der Sonde und Aufzeichnen der Qualitätsänderung.  
Hochtemperaturtest: Setzen Sie die Sonde auf hohe Temperaturen, um den Oxidationsgrad zu messen.

#### **Datenanalyse:**

Analysieren Sie die thermische Stabilität, um die Einhaltung von Standards zu überprüfen.  
Überprüfen Sie die Datenkonsistenz.

### **Einflussfaktoren**

Probenqualität: Interne Fehler beeinflussen die Testergebnisse.  
Gerätegenauigkeit: Die Genauigkeit des Gleichgewichts und der Temperaturregelung wirkt sich auf die Erkennungsgenauigkeit aus.  
Umgebungsbedingungen: Die Reinheit der Atmosphäre und die Luftfeuchtigkeit beeinflussen die Oxidationsprüfung.  
Betriebsspezifikationen: Parametereinstellungen beeinflussen die Zuverlässigkeit der Ergebnisse.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Probenoptimierung: Verbessert die thermische Stabilität durch gleichmäßige Dotierung.  
Ausrüstungs-Upgrade: Nehmen Sie hochpräzise TGA- und Hochtemperaturofen an.  
Optimierung der Kalibrierung: Kalibrieren Sie das Gerät anhand von Standardproben.  
Umweltmanagement: Ausgestattet mit einem Kontrollsystem für hochreine Atmosphäre.  
Datenanalyse: Richten Sie eine Datenbank für die thermische Leistung ein.

### **Zukunftstrends**

Dynamische thermische Prüfung: Simuliert die tatsächliche Schweißumgebung.  
Intelligente Erkennung: Optimieren Sie die thermische Analyse mit künstlicher Intelligenz.  
Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Prüfgeräten.  
Neue Technologien, wie z. B. die thermische Laserprüfung, verbessern die Genauigkeit.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

## CTIA GROUP LTD

### Cerium Tungsten Electrode Introduction

#### 1. Overview of Cerium Tungsten Electrode

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO<sub>2</sub>). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

#### 2. Features of Cerium Tungsten Electrode

**Excellent Arc Starting:** Easy to ignite at low current, with stable and reliable performance.

**Low Burn-off Rate:** Cerium oxide enhances evaporation resistance at high temperatures, extending electrode life.

**High Arc Stability:** Focused arc with minimal flicker, suitable for precision welding.

**Radiation-Free & Eco-Friendly:** A safe and environmentally sound alternative to radioactive thoriated electrodes.

#### 3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode

Type	CeO <sub>2</sub> Content	Color Code	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

#### 4. Applications of Cerium Tungsten Electrode

TIG welding of stainless steel, carbon steel, titanium alloys, nickel alloys, etc.

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

Low-current plasma arc cutting and high-frequency ignition systems

#### 5. Procurement Information

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: [www.tungsten.com.cn](http://www.tungsten.com.cn)

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Copyright© 2025 CTIA All Rights Reserved  
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2025 version  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

Tel: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2025V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

### 8.3 Erkennung der elektrischen Eigenschaften der Cer-Wolfram-Elektrode

Die elektrische Leistungsprüfung wird verwendet, um die Elektronenaustrittsarbeit der Elektrode, die Lichtbogeninitiierungsleistung und die Ausbrennrate zu bewerten und ihre Effizienz und Haltbarkeit beim Schweißen sicherzustellen.

#### 8.3.1 Messung der Elektronenaustrittsleistung

##### Detektionsprinzip

Messungen der Elektronenaustrittsarbeit bewerten die Fähigkeit von Elektrodenoberflächen, Elektronen zu emittieren, mittels der ionischen Emission oder photoelektrischen Effektmethode (Zielwert von ca. 2,5 eV). Zu den gängigen Methoden gehören die thermionische Emissionsprüfung und die Prüfung photoelektrischer Effekte.

Prinzip der thermionischen Emission: Elektroden erhitzen, Emissionsstrom messen und Fluchtarbeit berechnen.

Das Prinzip des photoelektrischen Effekts: Photonen regen Elektronen an, analysieren die Elektronenenergie und berechnen die Fluchtarbeit.

##### Identifizieren Sie die Methode

##### Thermionisches Emissionsverfahren:

Die Elektrode wird auf eine hohe Temperatur ( $>1500^{\circ}\text{C}$ ) erhitzt und der übertragene Strom gemessen.

Die Fluchtarbeit wird nach der Richardson-Gleichung berechnet.

##### Methode des photoelektrischen Effekts:

Die Elektrode wird mit ultraviolettem Licht bestrahlt und die Photoelektronenenergie aufgezeichnet. Analysieren Sie die Lichtschränkenkurve und berechnen Sie die Fluchtarbeit.

##### Ablauf der Bedienung

##### Probenvorbereitung:

Polieren der Elektrodenoberfläche, um die Sauberkeit zu gewährleisten.

Fixieren Sie die Sonde im Testgerät.

##### Einrichtung des Geräts:

Thermionische Emission: Heizgeräte und Amperemeter kalibrieren.

Photoelektrischer Effekt: Kalibrierung der Lichtquelle und des Fotodetektors.

##### Ablauf der Prüfung:

Thermionische Emission: Erhitzen der Elektrode und zeichnen die Stromdaten auf.

Photoelektrischer Effekt: Bestrahlung des Strahls und Aufzeichnung des optoelektronischen Signals.

##### Datenanalyse:

Schätzen Sie die Elektronenentweichungsarbeit, um die Einhaltung von Standards zu überprüfen.

Überprüfen Sie die Datenkonsistenz.

##### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

### **Einflussfaktoren**

Probenqualität: Oberflächenverunreinigungen oder Oxidation beeinträchtigen die Fluchtarbeit.  
Genauigkeit des Geräts: Die Genauigkeit des Heizgeräts und des Detektors beeinflusst die Ergebnisse.  
Umgebungsbedingungen: Vakuumniveau und Temperatur beeinflussen die Prüfstabilität.  
Betriebspezifikationen: Parametereinstellungen beeinflussen die Zuverlässigkeit der Ergebnisse.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Probenoptimierung: Verbessern Sie die Oberflächenqualität durch Polieren und Reinigen.  
Ausrüstungs-Upgrade: Nehmen Sie einen hochpräzisen thermionischen Emitter an.  
Optimierung der Kalibrierung: Kalibrieren Sie das Gerät anhand von Standardproben.  
Umweltmanagement: ausgestattet mit einem Hochvakuumssystem.  
Datenanalyse: Richten Sie eine Datenbank für Fluchtarbeiten ein.

### **Zukunftstrends**

Hochpräzise Messung: Entwicklung einer nanoskaligen Ausweichleistungsprüftechnologie.  
Intelligente Erkennung: Optimieren Sie die Datenanalyse durch künstliche Intelligenz.  
Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Prüfgeräten.  
Neue Technologien, wie z. B. die photoelektrische Prüfung von Synchrotronstrahlung, verbessern die Genauigkeit.

## **8.3.2 Lichtbogeninitiierung und Prüfung der Messlichtbogenleistung**

### **Detektionsprinzip**

Bei der Lichtbogeninitiierung und der dimensionalen Lichtbogenleistungsprüfung werden die Lichtbogenleistung, die Stromstabilität und die Lichtbogendauer der Elektrode gemessen, indem die Schweißumgebung simuliert wird, um einen schnellen Lichtbogenstart und eine Stabilität bei niedrigen Strömen zu gewährleisten. Das häufig verwendete Gerät ist ein Hochfrequenz-Lichtbogeninitiierungstester.

Prinzip der Lichtbogenzündung: Der Lichtbogen wird durch hochfrequente Impulse ausgelöst und die Lichtbogenleistung und -zeit werden aufgezeichnet.

Dimensionallichtbogenprinzip: Halten Sie einen stabilen Lichtbogen aufrecht, messen Sie Stromschwankungen und Lichtbogenlänge.

### **Identifizieren Sie die Methode**

#### **Arc-Initiierungstest:**

Unter Argonschutz werden hochfrequente Impulse angelegt, die die Lichtbogenleistung aufzeichnen.

Analysieren Sie die Startzeit und Stabilität des Lichtbogens.

#### **Prüfung des dimensionalen Lichtbogens:**

Halten Sie den Lichtbogen mehrere Minuten lang aufrecht und zeichnen Sie Stromschwankungen auf.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

Analysieren Sie die Länge und Stabilität des Lichtbogens.

### **Ablauf der Bedienung**

#### **Probenvorbereitung:**

Schleifen Sie den Winkel des Elektrodenkegels und reinigen Sie die Oberfläche.  
Befestigen Sie die Elektrode am Prüfgerät.

#### **Einrichtung des Geräts:**

Kalibrieren Sie den Hochfrequenz-Lichtbogeninitiator und den Stromsensor.  
Stellen Sie die Argon-Durchflussrate ein (5~10 L/min).

#### **Ablauf der Prüfung:**

Aktivieren Sie hochfrequente Impulse, um Lichtbogeninitiierungsdaten aufzuzeichnen.  
Pflegen Sie den Lichtbogen, zeichnen Sie den aktuellen und den Lichtbogenparameter auf.

#### **Datenanalyse:**

Analysieren Sie die Lichtbogenanspannung und die Stromstabilität.  
Überprüfen Sie die Einhaltung von Standards.

### **Einflussfaktoren**

Probenqualität: Der Kegelwinkel und die Oberflächenmasse beeinflussen die Lichtbogenleistung.  
Gerätegenauigkeit: Die Genauigkeit von Hochfrequenzgeräten und Sensoren beeinflusst die Ergebnisse.  
Umgebungsbedingungen: Die Reinheit des Gases und die Feuchtigkeit beeinflussen die Stabilität des Lichtbogens.  
Betriebsspezifikationen: Parametereinstellungen beeinflussen die Testzuverlässigkeit.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Beispielloptimierung: Optimieren Sie den Kegelwinkel und die Oberflächengüte.  
Geräte-Upgrade: Nehmen Sie einen hochpräzisen Lichtbogenstarttester an.  
Optimierung der Kalibrierung: Kalibrieren Sie das Gerät mit Standardelektroden.  
Umweltmanagement: Ausgestattet mit einem hochreinen Gassystem.  
Datenanalyse: Richten Sie eine Arc-Performance-Datenbank ein.

### **Zukunftstrends**

Dynamische Prüfung: Simuliert eine Vielzahl von Schweißbedingungen.  
Intelligente Erkennung: Optimieren Sie die Lichtbogenanalyse mit künstlicher Intelligenz.  
Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Prüfgeräten.  
Neue Technologien: wie z. B. Multiparameter-Lichtbogenprüfgeräte zur Verbesserung der Genauigkeit.

## **8.3.3 Test der Burnout-Rate**

### **Detektionsprinzip**

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Der Abbrandratentest bewertet den Massenverlust der Elektrode durch Langzeitlichtbogenbildung und weist ihre Hochtemperaturbeständigkeit nach. Die gängige Methode ist der Hochtemperatur-Lichtbogentest, bei dem der Verbrennungsverlust der Elektrode unter dem Hochtemperaturlichtbogen (>6000 K) erfasst wird.

Prüfprinzip: Halten Sie den Lichtbogen in einer simulierten Schweißumgebung aufrecht und messen Sie die Veränderung der Elektrodenqualität.

Schlüsselindikatoren: Burnout-Rate (Massenverlust/-zeit) und Lebensdauer der Elektrode.

### **Identifizieren Sie die Methode**

#### **Hochtemperatur-Lichtbogentest:**

Lichtbogenbildung unter Argonschutz für mehrere Stunden.

Messen Sie die Masse vor und nach der Elektrode und berechnen Sie die Ausbrennrate.

#### **Ablauf der Bedienung**

##### **Probenvorbereitung:**

Schleifen Sie den Winkel des Elektrodenkegels und reinigen Sie die Oberfläche.

Wiegen Sie die Anfangsmasse und zeichnen Sie die Daten auf.

##### **Einrichtung des Geräts:**

Kalibrieren Sie das Lichtbogengerät und die Waage.

Stellen Sie den Argonfluss und die Stromparameter ein.

##### **Ablauf der Prüfung:**

Starten Sie den Lichtbogen und behalten Sie die Zielzeit bei.

Nach dem Abkühlen wird die Elektrode gewogen und der Ausbrennverlust berechnet.

##### **Datenanalyse:**

Bewerten Sie die Burnout-Rate, um die Einhaltung von Standards zu überprüfen.

Überprüfen Sie die Datenkonsistenz.

#### **Einflussfaktoren**

Probenqualität: Die Ceroxid-Verteilung beeinflusst die Burnout-Rate.

Präzision der Ausrüstung: Die Genauigkeit des Lichtbogengeräts und der Waage beeinflusst die Ergebnisse.

Umgebungsbedingungen: Die Reinheit des Gases und die Temperatur beeinflussen die Ausbrennstabilität.

Betriebsspezifikationen: Parametereinstellungen beeinflussen die Testzuverlässigkeit.

#### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Probenoptimierung: Reduziert Burnout durch gleichmäßige Dotierung.

Geräte-Upgrade: Nehmen Sie einen hochpräzisen Lichtbogentester an.

Optimierung der Kalibrierung: Kalibrieren Sie das Gerät mit Standardelektroden.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

Umweltmanagement: Ausgestattet mit einem hochreinen Gassystem.

Datenanalyse: Richten Sie eine Datenbank für die Burnout-Rate ein.

### **Zukunftstrends**

Dynamischer Burnout-Test: Simuliert eine Vielzahl von Lichtbogenbedingungen.

Intelligente Erkennung: Optimieren Sie die Analyse von Verbrennungsverlusten mit künstlicher Intelligenz.

Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Prüfgeräten.

Neue Technologien: wie z. B. Plasma-Burnout-Tests zur Verbesserung der Genauigkeit.

## **8.4 Gefügedetektion von Cer-Wolfram-Elektroden**

Die Mikrostrukturdetektion wird verwendet, um die Korngröße, die Oxidverteilung und die internen Defekte der Elektrode zu analysieren und die Gleichmäßigkeit und Integrität ihrer Mikrostruktur sicherzustellen.

### **8.4.1 Analyse der Korngröße und -verteilung**

#### **Detektionsprinzip**

Analysieren Sie die Korngröße und -verteilung Die Kristallstruktur der Elektrode wird mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) oder Lichtmikroskopie beobachtet, um die Korngröße (typischerweise 1~10 µm) und die Gleichmäßigkeit der Verteilung zu bewerten.

REM-Prinzip: Der Elektronenstrahl tastet die Probenoberfläche ab, erzeugt hochauflösende Bilder und analysiert die Kornmorphologie.

Prinzip der optischen Mikroskopie: Betrachten Sie die Kornstruktur von polierten Proben durch hohe Vergrößerung.

#### **Identifizieren Sie die Methode**

##### **REM-Methode:**

Die Sonde wird poliert und in die REM-Vakuumkammer gegeben.

Die Oberfläche der Sonde wird abgetastet, um ein Kornbild zu erzeugen.

Die Analysesoftware berechnet die Korngröße und -verteilung.

##### **Optische Mikroskopie-Methode:**

Polieren und Korrodieren von Proben, um Korngrenzen freizulegen.

Beobachten Sie die Kornstruktur und messen Sie die Größe.

#### **Ablauf der Bedienung**

##### **Probenvorbereitung:**

Schneiden und polieren Sie die Sonde, chemische Korrosion legt Körner frei.

Reinigen Sie die Proben, um sicherzustellen, dass sie frei von Verunreinigungen sind.

##### **Einrichtung des Geräts:**

REM: Kalibrieren Sie die Elektronenstrahlenergie (10~20 keV) und den Detektor.

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

Optisches Mikroskop: Stellen Sie die Vergrößerung ein (100~1000x).

#### **Ablauf der Prüfung:**

REM: Scannen Sie die Probe und nehmen Sie das Kornbild auf.

Optisches Mikroskop: Betrachten Sie Korngrenzen und messen Sie Dimensionen.

#### **Datenanalyse:**

Bewerten Sie die Korngröße und -verteilung, um die Gleichmäßigkeit zu überprüfen.

Überprüfen Sie die Datenkonsistenz.

#### **Einflussfaktoren**

Probenqualität: Die Polier- und Korrosionsqualität beeinflusst die Kornsichtbarkeit.

Gerätegenauigkeit: Die Auflösung von Elektronenstrahl und Mikroskop beeinflusst die Ergebnisse.

Umgebungsbedingungen: Vibrationen und Sauberkeit beeinträchtigen die Bildqualität.

Betriebsspezifikationen: Das Kenntnissniveau des Bedieners beeinflusst die Ergebnisse.

#### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Probenoptimierung: Optimieren Sie Polier- und Korrosionsprozesse.

Geräte-Upgrade: Nehmen Sie hochauflösendes REM an.

Optimierung der Kalibrierung: Kalibrieren Sie das Gerät anhand von Standardproben.

Umweltmanagement: Ausgestattet mit Anti-Vibrations- und Sauberkeitssystemen.

Datenanalyse: Richten Sie eine Getreidedatenbank ein.

#### **Zukunftstrends**

Nanoskalige Analyse: Entwicklung hochauflösender TEM-Analysetechniken.

Intelligente Inspektion: Optimieren Sie die Getreideanalyse mit künstlicher Intelligenz.

Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergiemikroskopen.

Neue Technologien: wie z. B. Umwelt-REM, geeignet für die dynamische Beobachtung.

### **8.4.2 Überprüfung der Gleichmäßigkeit der Oxidverteilung**

#### **Detektionsprinzip**

Überprüfung der Gleichmäßigkeit der Oxidverteilung Die Verteilung der Ceroxidpartikel wird mittels Elektronensondenmikroanalyse (EPMA) oder energiedispersiver Spektrometrie (EDS) analysiert, um ihre Gleichmäßigkeit zu überprüfen.

EPMA-Prinzip: Elektronenstrahlanregungsprobe, Analyse charakteristischer Röntgenstrahlen und Darstellung der Ceroxid-Verteilung.

EDS-Prinzip: Kombiniert mit REM zur Detektion von Röntgenenergie und zur Analyse der Elementverteilung.

#### **Identifizieren Sie die Methode**

##### **EPMA-Methode:**

Polieren Sie die Sonde und legen Sie sie unter den Elektronenstrahl.

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

Röntgensignale werden aufgezeichnet, um Verteilungskarten zu erstellen.

#### **EDS-Methode:**

Laden Sie den EDS-Detektor in das REM und scannen Sie die Probe.

Analysieren Sie die Cer-Element-Verteilung und quantifizieren Sie die Gleichmäßigkeit.

#### **Ablauf der Bedienung**

##### **Probenvorbereitung:**

Polieren Sie die Sonde, um eine ebene Oberfläche zu gewährleisten.

Reinigen Sie die Sonde, um Verunreinigungen zu entfernen.

##### **Einrichtung des Geräts:**

EPMA: Kalibrierung der Elektronenstrahlenergie und des Detektors.

EDS: Legen Sie SEM- und EDS-Parameter fest.

##### **Ablauf der Prüfung:**

EPMA: Scannen Sie die Probe und generieren Sie eine Verteilungskarte.

EDS: Zeichnen Sie das Cer-Element-Signal auf und analysieren Sie die Verteilung.

##### **Datenanalyse:**

Bewerten Sie die Gleichmäßigkeit der Ceroxidverteilung.

Überprüfen Sie die Datenkonsistenz.

#### **Einflussfaktoren**

Probenqualität: Die Oberflächenrauheit beeinflusst die Verteilungsanalyse.

Gerätegenauigkeit: Die Auflösung des Elektronenstrahls und des Detektors beeinflusst die Ergebnisse.

Umgebungsbedingungen: Vibrationen und Sauberkeit beeinträchtigen die Bildqualität.

Betriebsspezifikationen: Das Kenntnisniveau des Bedieners beeinflusst die Ergebnisse.

#### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Probenoptimierung: Optimieren Sie den Polierprozess.

Geräte-Upgrade: Nehmen Sie hochauflösendes EPMA und EDS an.

Optimierung der Kalibrierung: Kalibrieren Sie das Gerät anhand von Standardproben.

Umweltmanagement: Ausgestattet mit Anti-Vibrations- und Sauberkeitssystemen.

Datenanalyse: Richten Sie eine Verteilungsdatenbank ein.

#### **Zukunftstrends**

Hochauflösende Analyse: Entwicklung der nanoskaligen EDS-Technologie.

Intelligente Erkennung: Optimieren Sie die Verteilungsanalyse durch künstliche Intelligenz.

Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Prüfgeräten.

Neue Technologien, wie z. B. Synchrotron-EDS, verbessern die Genauigkeit.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

### 8.4.3 Fehlererkennung (Risse, Poren, etc.)

#### Detektionsprinzip

Defekterkennung Gewährleistet die strukturelle Integrität durch Identifizierung von Rissen, Porosität und anderen Defekten im Inneren der Elektrode durch Ultraschallprüfung oder Röntgentomographie (X-CT).

Prinzip der Ultraschallprüfung: Die Ultraschallreflexion identifiziert innere Defekte.

Röntgen-CT-Prinzip: Röntgenstrahlen durchdringen die Sonde, erzeugen ein dreidimensionales Bild und analysieren die Fehlerverteilung.

#### Identifizieren Sie die Methode

##### Ultraschallprüfung:

Die Elektroden werden mit einer Ultraschallsonde abgetastet, um das reflektierte Signal aufzuzeichnen.

Analysieren Sie die Signalstärke und lokalisieren Sie Defekte.

##### X-CT-Methode:

Die Sonde wird auf einen rotierenden Tisch gelegt und der Röntgenscan erzeugt ein Bild.

Die Analysesoftware rekonstruiert die 3D-Struktur und identifiziert Fehler.

#### Ablauf der Bedienung

##### Probenvorbereitung:

Reinigen Sie die Probenoberfläche, um sicherzustellen, dass sie frei von Verunreinigungen ist.

Fixieren Sie die Sonde im Detektionsgerät.

##### Einrichtung des Geräts:

Ultraschallerkennung: Kalibrieren Sie die Sondenfrequenz (5~10 MHz).

Röntgen-CT: Stellen Sie die Röntgenintensität und die Rotationsgeschwindigkeit ein.

##### Ablauf der Prüfung:

Ultraschallprüfung: Scannen Sie die Sonde und zeichnen Sie das reflektierte Signal auf.

X-CT: Scannen Sie die Sonde, um ein dreidimensionales Bild zu erzeugen.

##### Datenanalyse:

Identifizieren Sie Risse und Poren und beurteilen Sie die Fehlergröße.

Überprüfen Sie die Einhaltung von Standards.

##### Einflussfaktoren

Probenqualität: Die Oberflächenrauheit beeinflusst die Genauigkeit der Prüfung.

Gerätegenauigkeit: Die Sonden- und Röntgenauflösung beeinflusst die Ergebnisse.

Umgebungsbedingungen: Vibrationen und Geräusche beeinträchtigen die Erkennungsstabilität.

Betriebsspezifikationen: Das Kenntnisniveau des Bedieners beeinflusst die Ergebnisse.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Probenoptimierung: Verbessern Sie die Oberflächenqualität durch Polieren.

Geräte-Upgrade: Hochauflösende Ultraschall- und X-CT-Geräte werden eingesetzt.

Optimierung der Kalibrierung: Kalibrieren Sie das Gerät anhand von Standardproben.

Umweltmanagement: Ausgestattet mit Systemen zur Vibrationsdämpfung und Geräuschreduzierung.

Datenanalyse: Richten Sie eine Fehlerdatenbank ein.

### **Zukunftstrends**

Hochauflösende Detektion: Entwicklung der nanoskaligen X-CT-Technologie.

Intelligente Erkennung: Optimieren Sie die Fehleranalyse mit künstlicher Intelligenz.

Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Prüfgeräten.

Neue Technologien, wie z. B. die Phased-Array-Ultraschallerkennung, verbessern die Genauigkeit.

## **8.5 Umwelt- und Sicherheitsprüfung von Cer-Wolfram-Elektroden**

Umwelt- und Sicherheitsprüfungen werden verwendet, um die Radioaktivität, die Umweltauswirkungen sowie den Arbeitsschutz von Elektroden zu bewerten und sicherzustellen, dass der Produktions- und Verwendungsprozess den Vorschriften entspricht.

### **8.5.1 Nachweis von Radioaktivität**

#### **Detektionsprinzip**

Bei der Radioaktivitätsdetektion werden radioaktive Isotope (wie z. B. Cer-144) in der Elektrode mit einem Gammastrahlenspektrometer gemessen, um sicherzustellen, dass sie unter der Sicherheitsschwelle ( $<1$  Bq/g) liegen. Cer-Wolfram-Elektroden sind in der Regel nicht signifikant radioaktiv, müssen aber getestet werden, um eine Kontamination mit Rohstoffen auszuschließen.

Prinzip der Gammastrahlenspektroskopie: Gammastrahlenenergie nachweisen und radioaktive Isotope identifizieren.

Vorteile: Hohe Empfindlichkeit für den Nachweis von Spuren von Radioaktivität.

#### **Identifizieren Sie die Methode**

##### **Methode des Gammastrahlenspektrometers:**

Die Sonde wird in der Nähe des Detektors platziert und das Gammastrahlensignal wird aufgezeichnet.

Analysesoftware identifiziert Isotope und Stärken.

#### **Ablauf der Bedienung**

##### **Probenvorbereitung:**

Reinigen Sie die Sonde, um sicherzustellen, dass keine äußere Kontamination vorliegt.

Fixieren Sie die Sonde im Detektionsgerät.

##### **Einrichtung des Geräts:**

Kalibrierung der Empfindlichkeit von Gammastrahlendetektoren.

##### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Legen Sie die Erkennungszeit (Stunden) fest.

#### **Ablauf der Prüfung:**

Gammastrahlensignale werden aufgezeichnet und Messungen wiederholt.  
Analyse des Radioisotopengehalts.

#### **Datenanalyse:**

Vergewissern Sie sich, dass die Radioaktivität unter dem Schwellenwert liegt.  
Überprüfen Sie die Datenkonsistenz.

#### **Einflussfaktoren**

Probenqualität: Die Kontamination der Rohstoffe wirkt sich auf die Radioaktivität aus.  
Gerätegenauigkeit: Die Empfindlichkeit des Detektors beeinflusst die Detektionsergebnisse.  
Umgebungsbedingungen: Hintergrundstrahlung beeinträchtigt die Stabilität der Detektion.  
Betriebsspezifikationen: Parametereinstellungen beeinflussen die Zuverlässigkeit der Ergebnisse.

#### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Probenoptimierung: Wählen Sie hochreine Rohstoffe aus, um das Radioaktivitätsrisiko zu reduzieren.  
Ausrüstungs-Upgrade: Nehmen Sie ein hochempfindliches Gammastrahlenspektrometer an.  
Optimierung der Kalibrierung: Kalibrieren Sie das Gerät anhand von Standardproben.  
Umweltmanagement: Ausgestattet mit einer abgeschirmten Kammer zur Reduzierung der Hintergrundstrahlung.  
Datenanalyse: Aufbau einer radioaktiven Datenbank.

#### **Zukunftstrends**

Hochempfindliche Detektion: Entwicklung einer Technologie zum Nachweis von Radioaktivität im ppb-Bereich.  
Intelligente Erkennung: Optimieren Sie die Radioaktivitätsanalyse mit künstlicher Intelligenz.  
Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Prüfgeräten.  
Neue Technologien wie die Analyse der Neutronenaktivierung verbessern die Genauigkeit.

### **8.5.2 Umweltverträglichkeitsprüfung**

#### **Detektionsprinzip**

Bei der Umweltverträglichkeitsprüfung werden die Umweltauswirkungen der Elektrodenherstellung bewertet, wobei Abgase, Abfallflüssigkeiten und feste Abfälle während der Produktion analysiert werden. Zu den gängigen Methoden gehören die Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) und die Flüssigkeitschromatographie (LC).

GC-MS-Prinzip: Analysieren Sie flüchtige organische Verbindungen (VOCs) in Abgasen.

LC-Prinzip: Analysieren Sie Schwermetalle oder Chemikalien in Abfallflüssigkeiten.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

## Identifizieren Sie die Methode

### GC-MS-Methode:

Produktionsabgase werden gesammelt und zur Abscheidung in die Kolonne eingespritzt.  
Die Massenspektrometrie analysiert flüchtige Substanzen.

### LC-Methode:

Die Abfallflüssigkeit wird aufgefangen und chemische Bestandteile werden getrennt.  
Der Detektor analysiert den Gehalt an Schwermetallen oder organischen Stoffen.

## Ablauf der Bedienung

### Musterkollektion:

Verwenden Sie einen Probenehmer, um Abgase und Abfallflüssigkeiten zu sammeln.  
Bewahren Sie die Proben in luftdichten Behältern auf.

### Einrichtung des Geräts:

GC-MS: Kalibriersäule und Massenspektrometer.  
LC: Stellen Sie die Parameter für die Trennsäule und den Detektor ein.

### Ablauf der Prüfung:

GC-MS: Trennung von Abgasbestandteilen und Aufzeichnung von massenspektrometrischen Daten.  
LC: Trennung von flüssigen Abfallbestandteilen und Aufzeichnung von Signalen.

### Datenanalyse:

Analysieren Sie den Schadstoffgehalt, um die Einhaltung von Umweltstandards zu überprüfen.  
Überprüfen Sie die Datenkonsistenz.

## Einflussfaktoren

Probenqualität: Die Integrität der Probenahme wirkt sich auf die Analyseergebnisse aus.  
Gerätegenauigkeit: Die Auflösung der Chromatographie und Massenspektrometrie beeinflusst die Detektionsgenauigkeit.  
Umgebungsbedingungen: Temperatur und Luftfeuchtigkeit beeinflussen die Stabilität der Probenahme.  
Betriebspezifikationen: Probenahme- und Analysetechniken beeinflussen die Ergebnisse.

## Optimieren Sie Ihre Strategie

Stichprobenoptimierung: Optimieren Sie die Stichprobenmethoden für eine bessere Repräsentativität.  
Geräte-Upgrade: Hochauflösende GC-MS und LC werden eingesetzt.  
Optimierung der Kalibrierung: Kalibrieren Sie das Gerät anhand von Standardproben.  
Umweltmanagement: Ausgestattet mit einem Probenahmesystem mit konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit.  
Datenanalyse: Aufbau einer Schadstoffdatenbank.

### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

### **Zukunftstrends**

Echtzeitüberwachung: Entwickeln Sie eine Online-Technologie zur Umweltüberwachung.  
Intelligente Detektion: Optimieren Sie die Schadstoffanalyse durch künstliche Intelligenz.  
Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Prüfgeräten.  
Neue Technologien, wie z. B. das tragbare GC-MS, verbessern die Effizienz der Vor-Ort-Inspektion.

### **8.5.3 Prüfung des Arbeitsschutzes**

#### **Detektionsprinzip**

Bei der Arbeitsschutzprüfung werden die gesundheitlichen Auswirkungen auf die Bediener bewertet, wobei gefährliche Stoffe (z. B. Staub, Gase) analysiert werden, die während des Produktionsprozesses freigesetzt werden können. Zu den gängigen Methoden gehören die Überwachung der Luftqualität und Toxizitätstests.

Prinzip der Überwachung der Luftqualität: Erkennen Sie Staub- und schädliche Gaskonzentrationen durch Partikelzähler und Gasanalysatoren.

Prinzip der Toxizitätsprüfung: Bewertung der Toxizität von Substanzen durch biologische Experimente.

#### **Identifizieren Sie die Methode**

##### **Überwachung der Luftqualität:**

Die Staubkonzentration wird mit Hilfe eines Partikelzählers gemessen.

Gasanalysatoren detektieren schädliche Gase (z. B. CO, NO<sub>x</sub>).

##### **Toxizitätsprüfung:**

Produktionsabfälle werden gesammelt und Zytotoxizitätsexperimente durchgeführt.

Bewerten Sie die potenziellen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit.

#### **Ablauf der Bedienung**

##### **Musterkollektion:**

Setzen Sie Probennehmer in die Produktionshalle ein, um Luft und Abfall zu sammeln.

Bewahren Sie die Proben in luftdichten Behältern auf.

##### **Einrichtung des Geräts:**

Partikelzähler Empfindlichkeit kalibrieren.

Gasanalysator: Stellen Sie den Erfassungsbereich ein.

##### **Ablauf der Prüfung:**

Überwachen Sie die Luftqualität, erfassen Sie Staub- und Gaskonzentrationen.

Durchführung von Toxizitätsexperimenten zur Bewertung biologischer Wirkungen.

##### **Datenanalyse:**

Überprüfen Sie die Einhaltung der arbeitsmedizinischen Standards.

Überprüfen Sie die Datenkonsistenz.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

### **Einflussfaktoren**

Probenqualität: Ort und Zeit der Probenahme beeinflussen die Ergebnisse.

Gerätegenauigkeit: Die Empfindlichkeit von Zählern und Analysatoren beeinflusst die Erkennungsgenauigkeit.

Umgebungsbedingungen: Belüftung und Feuchtigkeit beeinflussen die Stabilität der Probenahme.

Betriebsspezifikationen: Probenahme- und Analysetechniken beeinflussen die Ergebnisse.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Sample-Optimierung: Optimieren Sie Sampling-Punkte und Timing.

Geräte-Upgrade: Nehmen Sie einen hochempfindlichen Luftqualitätsmonitor an.

Optimierung der Kalibrierung: Kalibrieren Sie das Gerät anhand von Standardproben.

Umweltmanagement: Ausgestattet mit einem effizienten Lüftungssystem.

Datenanalyse: Einrichtung einer Gesundheits- und Sicherheitsdatenbank.

### **Zukunftstrends**

Echtzeitüberwachung: Entwickeln Sie ein Online-Überwachungssystem für Gesundheit und Sicherheit.

Intelligente Erkennung: Optimieren Sie die Sicherheitsanalyse mit künstlicher Intelligenz.

Grüne Technologie: Entwicklung energiesparender Überwachungsgeräte.

Neue Technologien: wie z. B. tragbare Überwachungsgeräte zur Verbesserung der Sicherheit vor Ort.

## **8.6 Prüfeinrichtungen und -technik für Cer-Wolfram-Elektroden**

Prüfmittel und -technologien werden eingesetzt, um die oben genannten Prüfverfahren zu unterstützen und hochpräzise und effiziente Nachweismethoden bereitzustellen.

### **8.6.1 Einführung in gängige Prüfinstrumente**

#### **Übersicht über das Gerät**

Zu den häufig verwendeten Detektionsinstrumenten gehören ICP-MS, RFA, SEM, TEM, X-CT, Gammastrahlenspektrometer usw., die für die Erkennung von Zusammensetzung, Mikrostruktur bzw. Sicherheit wird verwendet.

ICP-MS: Für die Analyse von Ceroxid- und Verunreinigungsgehalten mit ppb-Genauigkeit.

RFA: Für schnelle, zerstörungsfreie Bauteilprüfungen, geeignet für Produktionslinien.

REM/TEM: Für die Analyse der Korn- und Oxidverteilung mit Nanometerauflösung.

X-CT: Für die 3D-Struktur- und Fehlererkennung, Auflösung < 1 µm.

Gammastrahlenspektrometer: für die Radioaktivitätsdetektion, Empfindlichkeit < 1 Bq/g.

#### **Ausstattungsmerkmale:**

Hohe Präzision: Erfüllt die Anforderungen der Spurenelement- und Nanostrukturdetektion.

Vielseitigkeit: Unterstützt eine Vielzahl von Inspektionsaufgaben.

Anpassungsfähigkeit an die Umwelt: Kann in Reinräumen oder Produktionslinien eingesetzt werden.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

### **Ablauf der Bedienung**

Geräteauswahl: Wählen Sie das Gerät entsprechend dem Erfassungsziel aus.

Kalibrierung: Kalibrieren Sie das Gerät anhand einer Standardprobe.

Erkennung: Führen Sie den Vorgang gemäß der Erkennungsmethode aus.

Wartung: Reinigen und kalibrieren Sie das Gerät regelmäßig.

### **Einflussfaktoren**

Genauigkeit des Geräts: Auflösung und Einfluss auf die Testergebnisse.

Wartungsstufe: Regelmäßige Wartung sich auf die Leistung der Geräte auswirkt.

Betriebsspezifikationen: Das Kenntnisniveau des Bedieners beeinflusst die Ergebnisse.

### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Geräte-Upgrade: Nehmen Sie das neueste Instrumentenmodell an.

Kalibrierungsoptimierung: Etablieren Sie ein Kalibrierstandardsystem.

Wartungsoptimierung: Implementieren Sie regelmäßige Wartungspläne.

Schulung: Verstärken Sie die Schulung der Bedienerfähigkeiten.

### **Zukunftstrends**

Multifunktionale Instrumente: Entwickeln Sie Geräte, die mehrere Detektionsfunktionen integrieren.

Intelligente Geräte: Optimieren Sie die Geräteleistung durch künstliche Intelligenz.

Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergieinstrumenten.

Neue Instrumente, wie z. B. tragbare LIBS-Geräte, verbessern die Effizienz der Vor-Ort-Inspektion.

## **8.6.2 Neue Detektionstechnologien (KI-gestützte Detektion usw.)**

### **Technischer**

Zu den neuen Inspektionstechnologien gehören KI-gestützte Erkennung, digitale Zwillinge und Online-Überwachung, die künstliche Intelligenz und Big Data nutzen, um die Effizienz und Genauigkeit der Inspektion zu verbessern.

KI-gestützte Erkennung: Analysieren Sie Inspektionsdaten durch maschinelles Lernen, um die Ergebnisse zu optimieren.

Digitaler Zwilling: Simulieren Sie den Detektionsprozess durch virtuelle Modelle und prognostizieren Sie die Ergebnisse.

Online-Monitoring: Echtzeit-Datenerfassung durch Sensoren, dynamische Anpassung und Erkennung.

### **Technisches Prinzip**

KI-gestützte Erkennung: Deep-Learning-Algorithmen analysieren Bilder und Spektraldaten, um Merkmale zu identifizieren.

Digitaler Zwilling: Erstellen Sie ein digitales Modell der Elektrode, um die Detektionsumgebung zu simulieren.

Online-Überwachung: Sensoren erfassen Daten zu Zusammensetzung, Struktur und Leistung in

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

Echtzeit.

### **Ablauf der Bedienung**

#### **KI-gestützte Erkennung:**

Sammeln Sie Erkennungsdaten und geben Sie sie in das KI-Modell ein.

Das Modell analysiert die Daten und gibt die Ergebnisse aus.

#### **Digitaler Zwilling:**

Erstellen Sie ein Elektrodenmodell, um den Detektionsprozess zu simulieren.

Stellen Sie sicher, dass die Simulationsergebnisse mit den tatsächlichen Daten übereinstimmen.

#### **Online-Überwachung:**

Setzen Sie Sensoren ein, um Daten in Echtzeit zu erfassen.

Analysieren Sie Daten und passen Sie die Erkennungsparameter an.

#### **Einflussfaktoren**

Algorithmuspräzision: Die Trainingsqualität des KI-Modells beeinflusst die Ergebnisse.

Datenqualität: Analyse der Auswirkungen der Integrität von Sensordaten.

Geräteintegration: Die Kompatibilität von Sensor- und Analysesystemen wirkt sich auf die Effizienz aus.

#### **Optimieren Sie Ihre Strategie**

Algorithmus-Optimierung: Nutzen Sie Big Data, um KI-Modelle zu trainieren.

Sensor-Upgrade: Nehmen Sie hochpräzise Sensoren an.

Integrationsoptimierung: Entwickeln Sie eine integrierte Inspektionsplattform.

Datenanalyse: Bauen Sie eine umfassende Testdatenbank auf.

#### **Zukunftstrends**

Deep-Learning-Erkennung: Entwickeln Sie hochpräzise KI-Modelle.

Vollautomatische Erkennung: Realisieren Sie einen unbemannten Inspektionsprozess.

Grüne Technologie: Entwicklung von Niedrigenergie-Detektionssystemen.

Neue Technologien, wie z. B. die quantencomputergestützte Detektion, um die Geschwindigkeit der Analyse zu verbessern.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**



## Kapitel 9 Häufige Probleme und Lösungen für Anwender von Cer-Wolfram-Elektroden

Cer-Wolfram-Elektroden werden aufgrund ihrer geringen Radioaktivität, ihrer guten Lichtbogeneinleitungseigenschaften und ihrer Lichtbogenstabilität häufig beim Schutzgasschweißen (WIG) und Plasmaschweißen eingesetzt. Benutzer stoßen jedoch häufig auf Probleme wie instabile Lichtbögen, schnelles Durchbrennen der Spitze und Schwierigkeiten bei der Lichtbogenbildung während des Gebrauchs, die auf die Elektrode selbst, die Schweißparameter oder die Betriebsumgebung zurückzuführen sein können. Dieses Kapitel analysiert systematisch die Ursachen von Problemen und bietet detaillierte Lösungen aus fünf Aspekten: Lichtbogeninstabilität, Spitzendurchbrennen, Auswahl des Cergehalts, Lichtbogenschwierigkeiten und die Vermischung von Cerwolfram und Lanthanwolfram.

### 9.1 Mögliche Ursachen für die Lichtbogeninstabilität von Cer-Wolfram-Elektroden

Die Lichtbogeninstabilität ist ein häufiges Problem bei der Verwendung von Cer-Wolfram-Elektroden, das sich in Lichtbogenjitter, Offset oder Unterbrechungen äußert und die Schweißqualität und Prozessstabilität beeinträchtigt. Eine Instabilität des Lichtbogens kann durch Faktoren wie die Form der Elektrodenspitze, die Stromeinstellung, das Schutzgas oder die Verschmutzung der Elektrode verursacht werden. Im Folgenden finden Sie eine detaillierte Analyse der Ursachen und Lösungen unter vier Aspekten.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

## CTIA GROUP LTD

### Cerium Tungsten Electrode Introduction

#### 1. Overview of Cerium Tungsten Electrode

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO<sub>2</sub>). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

#### 2. Features of Cerium Tungsten Electrode

**Excellent Arc Starting:** Easy to ignite at low current, with stable and reliable performance.

**Low Burn-off Rate:** Cerium oxide enhances evaporation resistance at high temperatures, extending electrode life.

**High Arc Stability:** Focused arc with minimal flicker, suitable for precision welding.

**Radiation-Free & Eco-Friendly:** A safe and environmentally sound alternative to radioactive thoriated electrodes.

#### 3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode

Type	CeO <sub>2</sub> Content	Color Code	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

#### 4. Applications of Cerium Tungsten Electrode

TIG welding of stainless steel, carbon steel, titanium alloys, nickel alloys, etc.

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

Low-current plasma arc cutting and high-frequency ignition systems

#### 5. Procurement Information

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: [www.tungsten.com.cn](http://www.tungsten.com.cn)

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Copyright© 2025 CTIA All Rights Reserved  
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2025 version  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

Tel: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2025V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

### 9.1.1 Unsachgemäße Form der Elektrodenspitze

#### Hintergrund der Problematik

Die Form der Elektrodenspitze wirkt sich direkt auf die Konzentration und Stabilität des Lichtbogens aus. Cer-Wolfram-Elektroden (WC20) müssen in der Regel auf eine konische Spitze geschliffen werden, um den Lichtbogen und die Lichtbogenstabilität zu optimieren. Eine unsachgemäße Form der Spitze, z. B. zu stumpf, zu spitz oder asymmetrisch, kann zu Lichtbogendispersion oder -verschiebung führen, was die Schweißqualität beeinträchtigt.

#### analysieren

Stumpfe Spitze: Ein zu großer Kegelwinkel (z. B.  $>60^\circ$ ) kann zu stark gestreuten Lichtbögen führen, was es schwierig macht, eine stabile Lichtbogensäule zu bilden, insbesondere beim Niedrigstromschweißen.

Spitze ist zu scharf: Der Kegelwinkel ist zu klein (z. B.  $<20^\circ$ ), um den Lichtbogen zu konzentrieren, was leicht zu einer Überhitzung und Verbrennung der Spitze führen kann, was zu Lichtbogenzittern führt.

Asymmetrische Form: Ungleichmäßiges Schleifen oder Exzentrizität der Spitze können dazu führen, dass der Lichtbogen zu einer Seite abgelenkt wird, was die Gleichmäßigkeit der Schweißnaht beeinträchtigt.

Schleifmarken: Raue Schleifflächen können zu Teilentladungen führen, die die Lichtbogenstabilität beeinträchtigen.

#### Lösung

Schleifwinkel optimieren: Wählen Sie den geeigneten Kegelwinkel basierend auf dem Schweißstrom und dem Material, typischerweise  $20^\circ/40^\circ$  (niedriger Strom) oder  $40^\circ/60^\circ$  (hoher Strom). Verwenden Sie einen speziellen Elektrodenschleifer, um einen gleichbleibenden Kegelwinkel zu gewährleisten.

Symmetrie sicherstellen: Halten Sie die Elektrode während des Schleifens mit der Schleifscheibenachse ausgerichtet, um Exzentrizität zu vermeiden. Rotierende Greifer werden eingesetzt, um die Schleifgenauigkeit zu verbessern.

Verbesserte Oberflächenqualität: Das Polieren mit einer feinkörnigen Schleifscheibe (z. B. 400 Mesh) reduziert die Oberflächenrauheit und sorgt für eine glatte Spitzenoberfläche.

Regelmäßige Inspektion: Überprüfen Sie die Spitzenform vor dem Schweißen und schleifen Sie sofort nach, wenn Fehler festgestellt werden, um die Einhaltung der Prozessanforderungen sicherzustellen.

#### Zusätzliche Hinweise

Die Wahl der Spitzenform sollte an die spezifischen Schweißbedingungen angepasst werden. Beim Schweißen von dünnwandigem Edelstahl empfiehlt sich beispielsweise ein kleinerer Kegelwinkel, um den Lichtbogen zu konzentrieren; Beim Schweißen von dickem Aluminiumblech wird ein größerer Kegelwinkel empfohlen, um die Lichtbogenabdeckung zu verbessern. Benutzer sollten sich für Empfehlungen zu Schweißparametern auf ISO 6848 oder AWS A5.12 beziehen, um sicherzustellen, dass die Spitzenform dem Prozess entspricht.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

### 9.1.2 Aktuelle Einstellungen stimmen nicht überein

#### Hintergrund der Problematik

Die aktuelle Einstellung ist ein kritischer Faktor, der die Lichtbogenstabilität beeinflusst. Cer-Wolfram-Elektroden eignen sich sowohl für das Gleichstrom- (DC) als auch für das Wechselstromschweißen (AC), aber eine falsche Stromart, -stärke oder -polarität kann zu einer Instabilität des Lichtbogens führen, die den Schweißeffekt beeinträchtigt.

#### analysieren

Falscher Stromtyp: Beim Wechselstromschweißen übertreffen Cer-Wolfram-Elektroden reine Wolframelektroden, aber im Gleichstromvorlauf (DCEP) können sie aufgrund von Überhitzung zu einer Lichtbogeninstabilität führen.

Zu hohe Stromstärke: Die Überschreitung des empfohlenen Strombereichs für die Elektrode (z. B. 1,6 mm Elektrode >150 A) kann zu einer Überhitzung der Spitze führen, was zu Lichtbogenjitter führt.

Niedrige Stromstärke: Ein zu niedriger Strom (z. B. <10 A) kann zu Schwierigkeiten bei der Lichtbogeninitiierung oder Lichtbogeninstabilität führen, insbesondere beim Präzisionsschweißen.

Falsche Polaritätswahl: Die Gleichstromverpolung (DCEN) ist eine häufige Polarität von Cer-Wolfram-Elektroden, und wenn Gleichstrom missbraucht wird, nimmt die Lichtbogenstabilität ab.

#### Lösung

Wählen Sie die richtige Stromart: Wählen Sie je nach Lötmaterial zwischen DC Reverse (DCEN) oder AC (AC). DCEN ist für Edelstahl und Kohlenstoffstahl geeignet, und AC ist für Aluminium- und Magnesiumlegierungen geeignet.

Geben Sie die Stromstärke an: Wählen Sie den geeigneten Strombereich in Bezug auf den Elektrodendurchmesser (z. B. werden 50~100 A für eine 1,6-mm-Elektrode empfohlen). Vermeiden Sie es, die maximale Stromkapazität der Elektrode zu überschreiten.

Polarität kalibrieren: Stellen Sie sicher, dass die DCEN-Polarität verwendet wird, um eine Überhitzung der Spitze zu reduzieren. Beim AC-Schweißen ist die positive und negative Halbwellenbilanz einstellbar, um die Lichtbogenstabilität zu optimieren.

Verwenden Sie Stromeinstellgeräte: Verwenden Sie Schweißgeräte mit Stromstabilisierungsfunktionen, um die Auswirkungen von Stromschwankungen auf die Lichtbögen zu reduzieren.

#### Zusätzliche Hinweise

Die Stromeinstellung muss auf den Elektrodendurchmesser und das Lötmaterial abgestimmt sein. AWS A5.12 bietet detaillierte Empfehlungen für den Strombereich, mit denen Benutzer Parameter basierend auf Elektrodenspezifikationen und Schweißaufgaben anpassen können. Darüber hinaus ist die regelmäßige Kalibrierung des Schweißgeräts, um eine stabile Stromabgabe zu gewährleisten, eine wichtige Maßnahme, um die Instabilität des Lichtbogens zu beheben.

### 9.1.3 Fließ- oder Reinheitsprobleme von Schutzgas

#### Hintergrund der Problematik

Schutzgase wie Argon oder Helium werden zur Abschirmung von Lichtbögen und Schmelzbädern

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

verwendet, um Oxidation und Kontamination zu verhindern. Probleme mit dem Gasfluss oder der Reinheit können zu instabilen Lichtbögen führen, die die Schweißqualität beeinträchtigen.

### **analysieren**

Niedrige Durchflussrate: Ein unzureichender Gasdurchfluss (z. B. <5 l/min) kann den Lichtbogen nicht wirksam abschirmen, was zum Eindringen von Luft und zu Lichtbogenjitter führt.

Zu hohe Durchflussrate: Eine zu hohe Gasdurchflussrate (z. B. >15 l/min) kann Turbulenzen verursachen und die Stabilität des Lichtbogens beeinträchtigen.

Unzureichende Gasreinheit: Sauerstoff oder Feuchtigkeit (Reinheit <99,99 %), die dem Schutzgas beigemischt werden, können zu Lichtbogeninstabilität oder Spitzenoxidation führen.

Unsachgemäße Gasart: Helium eignet sich für das Schweißen mit hohem Wärmeeintrag, kann jedoch zu einer Lichtbogendispersion führen, wenn es für das Präzisionsschweißen mit niedrigem Strom wird.

### **Lösung**

Gasdurchflussrate anpassen: Stellen Sie die geeignete Durchflussrate basierend auf dem Elektrodendurchmesser und den Schweißbedingungen ein, normalerweise 5 ~ 12 l/min. Beim Niedrigstromschweißen werden niedrigere Durchflussraten verwendet, und das Hochstromschweißen wird entsprechend erhöht.

Stellen Sie die Reinheit des Gases sicher: Verwenden Sie hochreines Argongas ( $\geq 99,99\%$ ) und inspizieren Sie regelmäßig Gasflaschen und -leitungen, um Verunreinigungen zu vermeiden.

Wählen Sie das richtige Gas: Bevorzugen Sie Argon für das WIG-Schweißen, Halogen oder Argon-Helium-Gemische eignen sich für dicke Bleche oder Szenarien mit hohem Wärmeeintrag.

Überprüfen Sie das Gassystem: Überprüfen Sie regelmäßig die Gasleitungen und den Durchflussmesser, um sicherzustellen, dass keine Lecks oder Verstopfungen vorhanden sind und eine stabile Gasversorgung eingehalten wird.

### **Zusätzliche Hinweise**

Die Auswahl und der Durchfluss des Schutzgases müssen auf den Schweißprozess abgestimmt sein. GB/T 4192 empfiehlt beispielsweise Argon als Hauptschutzgas und Helium für spezielle Szenarien mit hohem Wärmeeintrag. Benutzer sollten das Gassystem regelmäßig warten, um eine Instabilität des Lichtbogens zu vermeiden, die durch Veränderung oder Verschmutzung der Rohrleitungen verursacht wird.

## **9.1.4 Kontamination oder Oxidation der Elektrode**

### **Hintergrund der Problematik**

Eine Elektrodenkontamination oder -oxidation kann die Oberflächeneigenschaften von Cer-Wolfram-Elektroden verändern und so die Elektronenemission und die Lichtbogenstabilität beeinträchtigen. Verunreinigungen können durch die Betriebsumgebung, Schmelzbadspitzer oder unsachgemäße Lagerung verursacht werden.

### **analysieren**

Schmelzbadspitzer: Beim Schweißen spritzt das Schmelzbadmetall auf die Spitze der Elektrode

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

und bildet eine Kontaminationsschicht, die die Elektronenemissionen beeinträchtigt.

Umweltverschmutzung: Öl, Staub oder Feuchtigkeit in der Luft haften an der Elektrodenoberfläche, wodurch die Lichtbogenstabilität verringert wird.

Oxidschichtbildung: Wenn die Elektrode heißer Luft ausgesetzt ist oder das Schutzgas nicht erreicht wird, bildet sich auf der Oberfläche eine Oxidschicht, die die Elektronenemission behindert.

Unsachgemäße Lagerung: Die Elektroden werden in feuchten oder kontaminierten Umgebungen gelagert, was zu einer Kontamination oder Oxidation der Oberfläche führt.

## Lösung

Verhindern Sie Schmelzbadspritzer: Passen Sie den Schweißwinkel und den Abstand an, um das Spritzen des Pools zu reduzieren. Verwenden Sie eine geeignete Schutzelektrode für den Schutzgasfluss.

Elektrodenoberflächen reinigen: Verwenden Sie spezielle Reinigungslösungen (z. B. Alkohol) oder Ultraschallreinigung, um Oberflächenöl und Staub zu entfernen.

Oxidation verhindern: Sorgen Sie für ausreichend Schutzgas, um die Elektrode nicht heißer Luft auszusetzen. Kühlen Sie die Elektrode sofort nach dem Schweißen ab.

Standardisierte Lagerung: Lagern Sie die Elektroden in einem trockenen, staubdichten, luftdichten Behälter, um Feuchtigkeit und Kontamination zu vermeiden.

## Zusätzliche Hinweise

Elektrodenreinigungen und -oxidation sind häufige Ursachen für die Instabilität des Lichtbogens, insbesondere in industriellen Umgebungen mit hoher Luftfeuchtigkeit oder hoher Verschmutzung. ISO 6848 betont die Anforderungen an die Lagerung und Reinigung von Elektroden, und Benutzer sollten ein starkes Elektrodenmanagementsystem einrichten, um die Oberflächenqualität sicherzustellen.

## 9.2 Was soll ich tun, wenn die Spitze der Cer-Wolfram-Elektrode zu schnell durchbrennt?

Ein schnelles Durchbrennen der Spitze ist ein häufiges Problem bei der Verwendung von Cer-Wolfram-Elektroden, das sich in schnellem Verschleiß oder Schmelzen der Elektrodenspitze äußert und die Lebensdauer verkürzt. Im Folgenden werden die Ursachen und Lösungen aus vier Aspekten aufgezeigt: Stromart, Schleifwinkel, Schutzgas und Cergehalt.

### 9.2.1 Überprüfen Sie die Stromart und Polarität

#### Hintergrund der Problematik

Die Art des Stroms und die Polarität wirken sich direkt auf die Wärmebelastung der Elektrodenspitze aus. Cer-Wolfram-Elektroden eignen sich für das Löten von Gleichstrom-Reverse (DCEN) und Wechselstrom (AC), aber falsche Stromeinstellungen können zu einer Überhitzung der Spitze und zum Durchbrennen der Spitze führen.

#### analysieren

Gleichstromdurchleitung (DCEP) :D CEP setzte die einer Wärmebelastung aus, was zu einem schnellen Durchbrennen der Spitze führte.

AC-Unwucht: Beim AC-Schweißen können positive und negative Halbwellenunwuchtungen (z. B.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

eine zu lange positive Halbwelle) die Spitzenwärme erhöhen.

Übermäßiger Strom: Das Überschreiten des empfohlenen Strombereichs für die Elektrode kann dazu führen, dass die Spitze überhitzt und schmilzt.

Stromschwankungen: Eine instabile Leistung des Schweißgeräts kann zu einer lokalen Überhitzung der Spitze führen.

### **Lösung**

DCEN bevorzugt: Wählen Sie die DC-Verpolung, um die Wärmebelastung der Elektrode zu reduzieren, geeignet für das Schweißen von Edelstahl und Kohlenstoffstahl.

Optimieren Sie die AC-Balance: Passen Sie beim AC-Schweißen das Verhältnis von positiven und negativen Halbwellen an (z. B. 30 % ~ 50 % positive Halbwelle), um die Hitze an der Spitze zu reduzieren.

Steuerstromintensität: Wählen Sie den geeigneten Strombereich basierend auf dem Elektrodendurchmesser, um übermäßigen Strom zu vermeiden.

Kalibrieren Sie das Schweißgerät: Verwenden Sie ein Schweißgerät mit Stromstabilisierung, um eine reibungslose Ausgabe zu gewährleisten.

### **Zusätzliche Hinweise**

AWS A5.12 empfiehlt DCEN als primäre Polarität für Cer-Wolfram-Elektroden, und das AC-Schweißen erfordert eine sorgfältige Anpassung der Balance-Einstellungen. Benutzer sollten regelmäßig die Stabilität der aktuellen Ausgangsleistung des Schweißgeräts überprüfen, um ein Durchbrennen der Spitze aufgrund von Geräteproblemen zu vermeiden.

## **9.2.2 Optimieren Sie den Spitzenschleifwinkel**

### **Hintergrund der Problematik**

Der Schleifwinkel der Spitze beeinflusst die Lichtbogenkonzentration und die Wärmeverteilung. Ein falscher Schleifwinkel kann zu einer Überhitzung der Spitze führen, was das Ausbrennen beschleunigt.

### **analysieren**

Zu kleiner Kegelwinkel: Ein zu kleiner Kegelwinkel (z. B.  $<20^\circ$ ) führt dazu, dass der Lichtbogen zu stark konzentriert wird, die Temperatur der Spitze steigt und das Ausbrennen beschleunigt wird.

Ungleichmäßiger Schliff: Die asymmetrische Spitzenform führt zu einer lokalen Überhitzung, die ein Ausbrennen auslöst.

Raue Oberfläche: Schleifspuren oder raue Oberflächen erhöhen die Teilentladung und beschleunigen den Spitzenverschleiß.

Unzureichende Schleiffrequenz: Wenn die Elektrode längere Zeit nicht nachgeschliffen wird, verschlechtert sich die Spitzenform und es kommt zu einem Ausbrennen.

### **Lösung**

Wählen Sie den richtigen Konuswinkel: Wählen Sie je nach Strom und Material einen Konuswinkel von  $20^\circ$   $40^\circ$  (niedriger Strom) oder  $40^\circ$   $60^\circ$  (hoher Strom), um die Lichtbogenkonzentration und die Wärmeverteilung auszugleichen.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Stellen Sie einen gleichmäßigen Schliff sicher: Verwenden Sie einen speziellen Elektrodenschleifer, um symmetrische Spitzen zu gewährleisten und eine lokale Überhitzung zu vermeiden.

Polieren der Spitze: Verwenden Sie eine feinkörnige Schleifscheibe, um die Spitze zu polieren, um die Oberflächenrauheit zu reduzieren.

Regelmäßiges Nachschleifen: Je nach Schweißzeit und Spitzenzustand die Elektrode regelmäßig nachschleifen, um eine optimale Form zu erhalten.

### **Zusätzliche Hinweise**

Die Wahl des Spitzenschleifwinkels wird mit der Schweißaufgabe kombiniert. GB/T 4192 empfiehlt beispielsweise die Verwendung eines kleineren Kegelwinkels für das Präzisionsschweißen mit niedrigem Strom und eines größeren Kegelwinkels für das Schweißen mit hohem Wärmeeintrag. Der Anwender sollte professionelle Schleifgeräte einsetzen, um die Qualität auf dem neuesten Stand der Technik zu gewährleisten.

## **9.2.3 Art und Durchflussmenge des Schutzgases einstellen**

### **Hintergrund der Problematik**

Die Art und der Durchfluss des Schutzgases beeinflussen den Grad des thermischen Schutzes und die Oxidation der Elektrodenspitze. Eine falsche Gaseinstellung kann dazu führen, dass die Spitze zu schnell durchbrennt.

### **analysieren**

Unzureichende Durchflussrate: Ein zu niedrigerer Gasdurchfluss (z. B. <5 l/min) kann die Spitze nicht effektiv abschirmen, was zu Oxidation und Ausbrennen führt.

Zu hohe Durchflussrate: Eine zu hohe Gasdurchflussrate (z. B. >15 l/min) kann zu Turbulenzen führen, die die Wärmebelastung der Spitze erhöht.

Unsachgemäße Gasart: Die hohe Wärmeleitfähigkeit von Helium kann zu überhitzten Spitzen führen, insbesondere beim Niedrigstromschweißen.

Unzureichende Gasreinheit: Sauerstoff oder Feuchtigkeit, die dem Gas beigemischt werden, beschleunigt die Oxidation der Spitze.

### **Lösung**

Optimieren Sie den Gasfluss: Stellen Sie die Durchflussrate von 5 ~ 12 l/min ein, verwenden Sie eine niedrigere Durchflussrate für das Niedrigstromschweißen und erhöhen Sie sie entsprechend für das Hochstromschweißen.

Wählen Sie Argon als Hauptgas: Verwenden Sie lieber Argon als Schutzgas, Halogen oder Argon-Helium-Gemisch für Szenarien mit hohem Wärmeeintrag.

Stellen Sie die Reinheit des Gases sicher: Verwenden Sie hochreines Argongas ( $\geq 99,99\%$ ) und inspizieren Sie Gasflaschen und -leitungen, um Verunreinigungen zu vermeiden.

Wartung des Gassystems: Überprüfen Sie regelmäßig den Durchflussmesser und die Leitungen, um eine stabile Gasversorgung zu gewährleisten.

### **Zusätzliche Hinweise**

Die Wahl und Durchflussmenge des Schutzgases wirkt sich direkt auf die Lebensdauer der Spitze

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

aus. ISO 6848 empfiehlt Argon als Hauptschutzgas für das WIG-Schweißen, und der Benutzer sollte die Durchflussrate entsprechend den Schweißbedingungen anpassen, um sicherzustellen, dass die Spitze effektiv geschützt ist.

### 9.2.4 Elektroden mit höherem Cergehalt verwenden

#### Hintergrund der Problematik

Der Cergehalt beeinflusst die hohe Temperaturbeständigkeit und das Elektronenabgabevermögen der Elektrode. Standard-Cer-Wolfram-Elektroden (WC20, Ceroxid 1,8 % ~ 2,2 %) können bei hohem Wärmeeintrag schnell durchbrennen.

#### analysieren

Unzureichender Cergehalt: Niedrige Cergehalte bieten möglicherweise keine ausreichenden Elektronenemissionsfähigkeiten, was zu einer Überhitzung der Spitze führt.

Umgebungen mit hohen Temperaturen: Das Löten mit hohem Wärmeeintrag (z. B. das Schweißen von dicken Blechen) erfordert eine höhere Brennbeständigkeit der Elektrode.

Unterschiede in der Elektrodenqualität: Die Cer-Verteilung ist über die verschiedenen Elektrodenladungen hinweg ungleichmäßig, was möglicherweise zu einem lokalen Ausbrennen führt.

Prozessfehlانpassung: Elektroden mit niedrigem Cergehalt werden in Hochstromszenarien eingesetzt, wodurch der Spitzenverschleiß beschleunigt wird.

#### Lösung

Wählen Sie Elektroden mit hohem Cergehalt: Wählen Sie bei hohem Wärmeeintrag Elektroden mit einem Ceroxidgehalt von nahe 2,2 %, um die hohe Temperaturbeständigkeit zu verbessern.

Überprüfen Sie die Elektrodenqualität: Wählen Sie Elektroden, die den Normen ISO 6848 oder GB/T 4192 entsprechen, um eine gleichmäßige Cerverteilung zu gewährleisten.

Passen Sie die Schweißbedingungen an: Wählen Sie die geeignete Elektrode mit Cergehalt entsprechend dem Schweißmaterial und dem Schweißstrom und vermeiden Sie die Verwendung von Elektroden mit niedrigem Cergehalt in Szenarien mit hoher Hitze.

Elektroden regelmäßig austauschen: Überwachen Sie das Durchbrennen der Spitze und tauschen Sie die Elektroden umgehend aus, um eine Beeinträchtigung der Schweißqualität durch übermäßigen Verschleiß zu vermeiden.

#### Zusätzliche Hinweise

Elektroden mit hohem Cergehalt verbessern die Brennbeständigkeit, sind aber teurer. Benutzer müssen Kosten und Leistung basierend auf den Leistungsanforderungen von AWS A5.12 abwägen und den geeigneten Elektrodentyp auswählen.

### 9.3 Wie wählt man den richtigen Cergehalt aus?

Die Auswahl des geeigneten Cergehalts ist der Schlüssel zur Sicherstellung der Leistung von Cer-Wolfram-Elektroden unter Berücksichtigung von Schweißmaterialien, Stromarten, Umgebungsbedingungen und Kostenfaktoren. Im Folgenden wird die Auswahlgrundlage unter vier Aspekten analysiert.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

### 9.3.1 Auswahl nach Schweißmaterial (Edelstahl, Aluminium, etc.)

#### Hintergrund der Problematik

Unterschiedliche Schweißmaterialien (wie zB Edelstahl, Aluminium, Kohlenstoffstahl) stellen unterschiedliche Anforderungen an die Lichtbogenleistung und die hohe Temperaturbeständigkeit der Elektrode, und der Cergehalt muss aufeinander abgestimmt werden.

#### analysieren

Edelstahl: erfordert einen Lichtbogen mit niedrigem Strom und einen stabilen Lichtbogen, geeignet für den Standard-Cergehalt (1,8 % ~ 2,0 %).

Aluminiumlegierung: Beim AC-Schweißen ist eine hohe Elektronenemissionskapazität erforderlich, die für einen höheren Cergehalt (2,0 % ~ 2,2 %) geeignet ist.

Kohlenstoffstahl: Das Schweißen mit hohem Wärmeeintrag erfordert eine hohe Brennbeständigkeit und ist für einen Cergehalt von nahe 2,2 % geeignet.

Spezielle Legierungen: wie z. B. Titanlegierungen, die eine extrem hohe Lichtbogenstabilität erfordern und eine Elektrode mit hohem Cergehalt und gleichmäßiger Dotierung wählen müssen.

#### Lösung

Schweißen von Edelstahl: Wählen Sie eine WC20-Elektrode mit einem Cergehalt von 1,8 % ~ 2,0 %, um eine Lichtbogenleistung mit niedrigem Strom zu gewährleisten.

Schweißen aus Aluminiumlegierungen: Wählen Sie eine Elektrode mit einem Cergehalt von 2,0 % ~ 2,2 %, um die Lichtbogenstabilität beim AC-Schweißen zu optimieren.

Schweißen von Kohlenstoffstahl: Wählen Sie Elektroden mit einem Gehalt von fast 2,2 % Cer, um die Hochtemperaturbeständigkeit zu verbessern.

Schweißen von Speziallegierungen: Wählen Sie Elektroden mit hohem Cergehalt und stabiler Qualität gemäß den Normen ISO 6848 oder HB 7716.

#### Zusätzliche Hinweise

Die Wahl des Schweißmaterials wirkt sich direkt auf die Nachfrage nach Cergehalt aus. GB/T 4192 enthält Empfehlungen für Schweißparameter für verschiedene Materialien, und Benutzer sollten die geeignete Elektrode basierend auf den Materialeigenschaften und Prozessanforderungen auswählen.

### 9.3.2 Auswahl nach Stromart und -intensität

#### Hintergrund des Problems

Die Art des Stroms (Gleichstrom oder Wechselstrom) und die Intensität beeinflussen die Wärmebelastung und die Elektronenemissionskapazität der Elektrode, und der Cergehalt muss den Strombedingungen entsprechen.

#### Ursachenanalyse

DC Reverse (DCEN): Geringe Wärmebelastung, geeignet für Standard-Ceriumgehalt (1,8 % – 2,0 %).

Wechselstrom (AC): Positive und negative Halbwellenschaltung erhöht die Wärmebelastung und erfordert einen höheren Cergehalt (2,0 % – 2,2 %).

Niedriger Strom: z. B. < 50 A, hohe Lichtbogenleistung erforderlich, geeignet für 1,8 % bis 2,0 %

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Cergehalt.

Hoher Strom: zB >100 A, was eine hohe Durchbrennfestigkeit erfordert und für einen Cergehalt nahe 2,2 % geeignet ist.

### **Lösung**

DCEN-Löten: Wählen Sie eine WC20-Elektrode mit einem Cergehalt von 1,8 % bis 2,0 %, die für Szenarien mit geringer Wärmezufuhr geeignet ist.

Wechselstromschweißen: Wählen Sie Elektroden mit einem Cergehalt von 2,0 % bis 2,2 %, um das Gleichgewicht der positiven und negativen Halbwellen zu optimieren.

Schwachstromschweißen: Wählen Sie standardmäßige Cerium-haltige Elektroden, um die Lichtbogenleistung sicherzustellen.

Hochstromschweißen: Wählen Sie Elektroden mit hohem Cergehalt, um die Durchbrennbeständigkeit zu verbessern.

### **Zusätzliche Hinweise**

AWS A5.12 bietet Richtlinien zur Elektrodenauswahl hinsichtlich Stromart und -intensität, und Benutzer sollten den geeigneten Cergehalt basierend auf dem Stromausgabebereich des Schweißgeräts auswählen.

## **9.3.3 Berücksichtigen Sie die Schweißumgebung und die Gerätekompatibilität**

### **Hintergrund des Problems**

Die Schweißumgebung (z. B. Feuchtigkeit, Temperatur) und die Leistung der Ausrüstung beeinflussen die Wahl der Elektrode und der Cergehalt muss an diese Bedingungen angepasst werden.

### **Ursachenanalyse**

Umgebung mit hoher Luftfeuchtigkeit: Feuchtigkeit kann zur Oxidation der Elektrode führen. Wählen Sie daher eine korrosionsbeständige Elektrode mit hohem Cergehalt.

Umgebung mit hohen Temperaturen: Erhöht das Risiko eines Durchbrennens der Spitze und erfordert die Auswahl von Elektroden mit hohem Cergehalt.

Geräteleistung: Ältere Schweißgeräte haben möglicherweise eine instabile Leistung, daher müssen zum Ausgleich Hochleistungselektroden ausgewählt werden.

Schutzgassystem: Eine unzureichende Gasreinheit oder Durchflussrate beeinträchtigt die Elektrodenleistung. Wählen Sie daher eine Elektrode mit höherer Haltbarkeit.

### **Lösung**

Umgebung mit hoher Luftfeuchtigkeit: Wählen Sie eine Elektrode mit einem Cergehalt von 2,0 % bis 2,2 %, um die Korrosionsbeständigkeit zu verbessern.

Umgebungen mit hohen Temperaturen: Wählen Sie Elektroden mit hohem Cergehalt, um die Lebensdauer der Spitze zu verlängern.

Alte Geräte: Wählen Sie leistungsstarke WC20-Elektroden, um die Instabilität der Geräte auszugleichen.

Optimieren Sie Gassysteme: Sorgen Sie mit Elektroden mit standardmäßigem Ceriumgehalt für eine

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

hochreine Gasversorgung.

#### **Zusätzliche Hinweise**

Aufgrund der Komplexität der Schweißumgebung müssen Benutzer sowohl die Elektrodenleistung als auch den Gerätezustand berücksichtigen. EN 26848 betont die Anpassungsfähigkeit von Elektroden an unterschiedliche Umgebungen. Benutzer sollten den Umgebungs- und Gerätezustand regelmäßig überprüfen.

### **9.3.4 Verhältnis zwischen Kosten und Leistung**

#### **Hintergrund des Problems**

Elektroden mit hohem Cergehalt weisen eine hervorragende Leistung auf, sind aber teuer, und die Benutzer müssen ein Gleichgewicht zwischen Kosten und Leistung finden.

#### **Ursachenanalyse**

Kosten durch hohen Ceriumgehalt: Elektroden mit einem Ceroxidgehalt von etwa 2,2 % haben höhere Produktionskosten und eignen sich daher für Szenarien mit hoher Nachfrage.

Standard-Ceriumgehalt, Anwendbarkeit: Die Elektrode mit 1,8 % bis 2,0 % ist kostengünstiger und eignet sich für konventionelles Schweißen.

Lebensdauer: Elektroden mit hohem Cergehalt haben eine längere Lebensdauer und senken so die langfristigen Kosten.

Massenbeschaffung: Die Verwendung von Elektroden mit hohem Cergehalt in großen Mengen kann die Gesamtkosten erhöhen.

#### **Lösung**

Konventionelles Schweißen: Wählen Sie eine WC20-Elektrode mit einem Cergehalt von 1,8 % bis 2,0 %, um die Kosten zu senken.

Schweißen mit hohen Anforderungen: Wählen Sie Elektroden mit einem Cergehalt von 2,0 % bis 2,2 %, um die Leistung sicherzustellen.

Kostenbewertung: Wählen Sie die kostengünstigste Elektrode basierend auf den Anforderungen an Schweißhäufigkeit und Lebensdauer.

Lieferantenauswahl: Wählen Sie Lieferanten, die den Standards ISO 6848 oder GB/T 4192 entsprechen, und stellen Sie so ein ausgewogenes Verhältnis von Qualität und Kosten sicher.

#### **Zusätzliche Hinweise**

Das Verhältnis zwischen Kosten und Leistung wird durch das Projektbudget und die Schweißanforderungen bestimmt. Benutzer können den Jahresbericht der China Tungsten Industry Association zu Rate ziehen, um die Marktpreisentwicklung zu verstehen und die geeignete Elektrode auszuwählen.

### **9.4 Gegenmaßnahmen gegen die Lichtbogenproblematik bei Cer-Wolfram-Elektroden**

Lichtbogenbildung ist ein häufiges Problem bei der Verwendung von Cer-Wolfram-Elektroden. Sie äußert sich in schwer zu zündenden Lichtbögen oder erfordert mehrere Anläufe. Im Folgenden werden die Ursachen analysiert und Lösungen aus vier Aspekten vorgestellt: Oberflächenreinheit,

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

Spitzengeometrie, Geräteparameter und Leistungsstabilität.

#### 9.4.1 Sauberkeit der Elektrodenoberfläche prüfen

##### Hintergrund des Problems

Die Sauberkeit der Elektrodenoberfläche wirkt sich direkt auf die Elektronenemissionskapazität aus und Verunreinigungen oder Oxidation können zu Problemen bei der Lichtbogenbildung führen.

##### Ursachenanalyse

Oberflächenverunreinigung: Öl, Staub oder Schmelzbadsspritzer haften an der Elektrodenoberfläche und behindern die Elektronenemission.

Oxidschicht: Die Elektrode ist der Luft oder unzureichendem Schutzgas ausgesetzt, was zu Oberflächenoxidation und verringerter Lichtbogenleistung führt.

Unsachgemäße Lagerung: Die Elektroden werden in feuchter Umgebung gelagert, wodurch es zu Verunreinigungen oder zur Bildung von Oxidschichten auf der Oberfläche kommt.

Betriebsbedingte Kontamination: Die Einwirkung von Verunreinigungen während des Schweißens, wie beispielsweise schwitzende Hände, kann die Oberflächenqualität beeinträchtigen.

##### Lösung

Reinigen Sie die Elektroden: Wischen Sie die Elektrodenoberfläche mit Alkohol oder einer speziellen Reinigungslösung ab und reinigen Sie sie bei Bedarf mit Ultraschall.

Oxidation verhindern: Sorgen Sie für ausreichend Schutzgas, um die Elektrode nicht heißer Luft auszusetzen.

Geregelte Lagerung: Lagern Sie die Elektroden in einem trockenen, staubdichten und luftdichten Behälter.

Bedienungshinweise: Tragen Sie bei der Bedienung der Elektroden Handschuhe, um eine Verschmutzung der Hände durch Schweiß zu vermeiden.

##### Zusätzliche Hinweise

Die Sauberkeit der Elektrodenoberfläche ist die Grundlage für die Lichtbogenleistung. ISO 6848 legt Wert auf die Lagerungs- und Reinigungsanforderungen von Elektroden. Benutzer sollten ein striktes Elektrodenmanagementsystem einrichten.

#### 9.4.2 Optimierung der Spitzengeometrie

##### Hintergrund des Problems

Die Spitzengeometrie beeinflusst die Zündfähigkeit des Lichtbogens und eine falsche Form kann zu Problemen bei der Lichtbogenbildung führen.

##### Ursachenanalyse

Zu großer Kegelwinkel: Ein zu großer Kegelwinkel (z. B.  $> 60^\circ$ ) zerstreut den Lichtbogen und erschwert die Zündung.

Spitzenpassivierung: Längerer Gebrauch führt zur Stumpfheit der Spitze, wodurch die Effizienz der Elektronenemission verringert wird.

Asymmetrische Form: Ungleichmäßiges Schleifen führt zu einer Lichtbogenablenkung und

##### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

erschwert so die Lichtbogenzündung.

Raue Oberfläche: Schleifspuren oder raue Oberflächen stören die Elektronenemission.

### **Lösung**

Wählen Sie den richtigen Kegelwinkel: Verwenden Sie einen Kegelwinkel von 20°–30° für das Schweißen mit niedrigem Strom und einen Kegelwinkel von 30°–50° für das Schweißen mit hohem Strom.

Regelmäßiges Schleifen: Schärfen Sie die Spitze je nach Verwendungsdauer nach, um eine scharfe Form zu erhalten.

Symmetrie sicherstellen: Verwenden Sie spezielle Schleifmaschinen, um sicherzustellen, dass die Spitze symmetrisch ist.

Poliertips: Durch Polieren mit einer feinkörnigen Schleifscheibe wird die Oberflächenrauheit verringert.

### **Zusätzliche Hinweise**

Die Optimierung der Spitzengeometrie ist der Schlüssel zur Lösung von Problemen bei der Lichtbogenzündung. AWS A5.12 empfiehlt, den geeigneten Kegelwinkel je nach Stromstärke und Material zu wählen. Außerdem sollten Benutzer professionelle Schleifgeräte verwenden.

## **9.4.3 Einstellen der Schweißgeräteparameter (Hochfrequenz-Lichtbogenzündung usw.)**

### **Hintergrund des Problems**

Parameter von Schweißgeräten, wie etwa die Einstellungen für die Hochfrequenz-Lichtbogenzündung, wirken sich direkt auf die Lichtbogenleistung aus, und falsche Parameter können zu Problemen bei der Lichtbogenbildung führen.

### **Ursachenanalyse**

Unzureichende Lichtbogenbildung bei Hochfrequenz: Die Intensität oder Frequenz der Hochfrequenzimpulse ist zu gering, wodurch die Zündung des Lichtbogens erschwert wird.

Stromeinstellung zu niedrig: Der Strom liegt unterhalb des empfohlenen Bereichs der Elektrode und die Elektronenemission ist unzureichend.

Ungeeignetes Schutzgas: Die Gasdurchflussrate oder der Gastyp passen nicht, was die Lichtbogenzündung beeinträchtigt.

Alterung der Ausrüstung: Das Hochfrequenzmodul oder die Leistungsabgabe des Schweißgeräts ist instabil.

### **Lösung**

Optimieren Sie die Hochfrequenzlichtbogenbildung: Passen Sie die Intensität und Frequenz der Hochfrequenzimpulse an, um eine schnelle Zündung des Lichtbogens zu gewährleisten.

Stellen Sie den entsprechenden Strom ein: Wählen Sie den entsprechenden Lichtbogenstrom entsprechend dem Elektrodendurchmesser (z. B. werden 30–50 A für eine 1,6 mm-Elektrode empfohlen).

Passen Sie das Schutzgas an: Verwenden Sie Argongas und stellen Sie die Durchflussrate auf 5–10 l/min ein, um die Abschirmwirkung sicherzustellen.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

Wartungsausrüstung: Kalibrieren Sie das Schweißgerät regelmäßig und überprüfen Sie die Stabilität des Hochfrequenzmoduls und der Stromversorgung.

### **Zusätzliche Hinweise**

Hochfrequenzlichtbogenbildung ist eine gängige Methode zur Lichtbogeninduktion für Cer-Wolfram-Elektroden. GB/T 4192 enthält Vorschläge zur Parameteranpassung. Benutzer sollten die Geräte regelmäßig warten, um die Lichtbogenzündleistung sicherzustellen.

## **9.4.4 Elektrode austauschen oder Stabilität der Stromversorgung prüfen**

### **Hintergrund des Problems**

Die Qualität der Elektrode oder die Stabilität der Stromversorgung können zu Lichtbogenproblemen führen und müssen durch den Austausch der Elektrode oder die Überprüfung der Stromversorgung behoben werden.

### **Ursachenanalyse**

Probleme mit der Elektrodenqualität: Eine ungleichmäßige Cerverteilung oder übermäßige Verunreinigungen beeinträchtigen die Leistung der Lichtbogenzündung.

Alterung der Elektrode: Längerer Gebrauch führt zur Verschlechterung der Spitze und verringert die Lichtbogenfähigkeit.

Instabile Stromversorgung: Die Ausgangsspannung oder der Ausgangsstrom des Schweißgeräts schwankt, was die Lichtbogenzündung beeinträchtigt.

Verbindungsprobleme: Loser oder schlechter Kontakt mit den Elektrodengreifern, was zu einer schlechten Stromübertragung führt.

### **Lösung**

Ersetzen Sie die Elektrode: Wählen Sie eine WC20-Elektrode, die den Standards ISO 6848 oder GB/T 4192 entspricht, um die Qualität sicherzustellen.

Regelmäßiger Austausch: Ersetzen Sie die Elektroden rechtzeitig, je nach Nutzungsdauer und Zustand der Spitze.

Überprüfen Sie die Stromversorgung: Kalibrieren Sie das Schweißgerät, um eine stabile Spannungs- und Stromausgabe zu gewährleisten.

Überprüfen Sie den Greifer: Stellen Sie sicher, dass der Elektrodengreifer fest sitzt und guten Kontakt hat.

### **Zusätzliche Hinweise**

Die Stabilität der Stromversorgung und die Qualität der Elektroden sind die Grundlage für die Lichtbogenleistung. Benutzer sollten zuverlässige Lieferanten wählen und ihre Schweißgeräte regelmäßig überprüfen, um Lichtbogenprobleme aufgrund von Hardwareproblemen zu vermeiden.

## **9.5 Analyse der Problematik der Mischnutzung von Cer-Wolfram und Lanthan-Wolfram**

Cer-Wolfram- (WC20) und Lanthan-Wolfram-Elektroden (WL20) weisen ähnliche Leistung und Verwendung auf. Eine Vermischung kann jedoch zu Leistungseinbußen oder Verwirrung bei der Handhabung führen. Im Folgenden wird das Problem der Vermischung unter vier Gesichtspunkten

### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

analysiert: Leistungseinbußen, Lichtbogenstabilität, Identifikationsmanagement und Alternativen.

### 9.5.1 Leistungseffekte des Mischens

#### Hintergrund des Problems

Sowohl Cer-Wolfram- als auch Lanthan-Wolfram-Elektroden sind zum WIG-Schweißen geeignet, aber der Unterschied in der Dotierung (Ceroxid und Lanthanoxid) führt zu unterschiedlichen Eigenschaften und eine Mischung kann die Schweißwirkung beeinträchtigen.

#### Ursachenanalyse

Elektronenemissionskapazität: Ceroxid der Cer-Wolfram-Elektrode bietet eine gute Lichtbogenleistung bei niedrigem Strom, und Lanthanoxid der Lanthan-Wolfram-Elektrode ist widerstandsfähiger gegen Durchbrennen bei hohen Strömen.

Unterschiede in der Wärmebelastung: Lanthan-Wolfram-Elektroden sind bei hoher Wärmezufuhr stabiler, während Cer-Wolfram-Elektroden für niedrige bis mittlere Stromstärken geeignet sind.

Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung: Durch Mischen kann es zu einer inkonsistenten Elektrodenleistung kommen, was sich auf die Schweißqualität auswirkt.

Prozessanpassungsfähigkeit: Verschiedene Elektroden eignen sich für unterschiedliche Schweißparameter und eine Vermischung kann zu falschen Parametereinstellungen führen.

#### Lösung

Klare Anwendungsszenarien: Wählen Sie die passende Elektrode entsprechend dem Schweißmaterial und der Stromstärke, um eine Vermischung zu vermeiden.

Getrennt lagern: Lagern Sie Cer-Wolfram- und Lanthan-Wolfram-Elektroden getrennt, um Verwechslungen zu vermeiden.

Schweißparameter anpassen: Passen Sie die Stromstärke und die Gasdurchflussrate je nach Elektrodentyp an, um eine Leistungsanpassung sicherzustellen.

Qualitätsüberprüfung: Verwenden Sie Elektroden, die den Standards ISO 6848 oder AWS A5.12 entsprechen, um Leistungsabweichungen zu vermeiden.

#### Zusätzliche Hinweise

Die Leistungsunterschiede zwischen Cer-Wolfram- und Lanthan-Wolfram-Elektroden müssen je nach Prozess ausgewählt werden. AWS A5.12 bietet einen Leistungsvergleich der beiden Elektroden, und Benutzer sollten je nach Schweißanforderungen einen einzelnen Typ auswählen.

### 9.5.2 Lichtbogeninstabilitätsprobleme, die durch Mischen verursacht werden können

#### Hintergrund des Problems

Die gemischte Verwendung von Cer-Wolfram- und Lanthan-Wolfram-Elektroden kann zu einer Instabilität des Lichtbogens führen, was sich negativ auf die Schweißqualität und die Prozesseffizienz auswirkt.

#### Ursachenanalyse

Unterschied in der Lichtbogenleistung: Cer-Wolfram-Elektroden haben bei niedrigen Strömen eine bessere Lichtbogenleistung als Lanthan-Wolfram-Elektroden, und eine Vermischung kann zu

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Lichtbogenproblemen führen.

Unterschiede in der Lichtbogenstabilität: Lanthan-Wolfram-Elektroden sind bei hohen Strömen stabiler, und Cer-Wolfram-Elektroden können aufgrund von Überhitzung Lichtbogenzittern verursachen.

Parameter stimmen nicht überein: Beim Mischen von Elektroden sind die Schweißparameter möglicherweise nicht für den aktuellen Elektrodentyp geeignet.

Unterschiedliche Spitzenform: Der empfohlene Kegelwinkel der beiden Elektroden ist unterschiedlich und eine Vermischung kann zu einer Lichtbogenstreuung führen.

### **Lösung**

Vermeiden Sie Vermischungen: Verwenden Sie vorzugsweise einen einzigen Elektrodentyp, um die Prozesskonsistenz sicherzustellen.

Parameter optimieren: Passen Sie Strom, Polarität und Gasfluss je nach Elektrodentyp an.

Spitzenform prüfen: Stellen Sie sicher, dass der Schliff der Elektrodenspitze dem empfohlenen Kegelwinkel entspricht (z. B. Cer-Wolfram 20°/40°, Lanthan-Wolfram 30°/50°).

Regelmäßige Inspektion: Bestätigen Sie den Elektrodentyp vor dem Schweißen, um Instabilitäten durch Vermischung zu vermeiden.

### **Zusätzliche Hinweise**

Lichtbogeninstabilität ist ein häufiges Problem bei Mischelektroden. Die EN 26848 empfiehlt Anwendern, strikt zwischen Elektrodentypen zu unterscheiden, um Prozessprobleme durch Mischen zu vermeiden.

## **9.5.3 Identifizierungs- und Managementvorschläge beim Mischen**

### **Hintergrund des Problems**

Cer-Wolfram- und Lanthan-Wolfram-Elektroden haben ein ähnliches Aussehen und aufgrund unklarer Markierungen kann es zu einer Vermischung kommen, was sich auf die Schweißqualität und die Verwaltungseffizienz auswirkt.

### **Ursachenanalyse**

Ähnliche Farberkennung: Die Endfarben von Cerwolfram (grau) und Lanthanwolfram (blau) können bei schwachem Licht schwer zu unterscheiden sein.

Lagerchaos: Die Elektroden werden nicht nach Typ getrennt gelagert, was zu Verwirrung führt.

Fehlende Beschriftung: Unklare Modellkennzeichnung auf Verpackungen oder Elektroden, dadurch erhöhte Verwechslungsgefahr .

Fahrlässige Bedienung: Der Bediener hat den Elektrodentyp nicht sorgfältig geprüft und ihn direkt verwendet.

### **Lösung**

Verbesserte Farbidentifikation: Die Kennzeichnung erfolgt streng nach ISO 6848 bzw. AWS A5.12 Farbkodierung (Cer-Wolframgrau, Lanthan-Wolframblau).

Getrennt lagern: Lagern Sie Cer-Wolfram- und Lanthan-Wolfram-Elektroden in getrennten Behältern oder mit getrennten Etiketten, um Verwechslungen zu vermeiden.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Klare Kennzeichnung: Stellen Sie sicher, dass auf der Elektrodenverpackung die Modellnummer WC20 oder WL20 sowie Hersteller- und Chargeninformationen angegeben sind.

Bedienerschulung: Die Bediener werden darin geschult, den Elektrodentyp zu erkennen und die Kennzeichnung vor der Verwendung zu überprüfen.

### **Zusätzliche Hinweise**

Identifizierung und Verwaltung sind der Schlüssel zur Vermeidung von Vermischungen. GB/T 4192 legt Wert auf die Farbcodierung und Verpackungsanforderungen von Elektroden, und Benutzer sollten ein striktes Elektrodenverwaltungssystem einrichten.

## **9.5.4 Empfohlene Elektrodenauswahl und Alternativen**

### **Hintergrund des Problems**

Um eine Vermischung zu vermeiden, müssen Benutzer die richtige Elektrode für ihre Schweißanforderungen auswählen und Alternativen zur Prozessoptimierung kennen.

### **Ursachenanalyse**

Unterschiede in den Prozessanforderungen: Cer-Wolfram ist für niedrige bis mittlere Ströme geeignet, Lanthan-Wolfram für hohe Ströme, und eine Mischung kann zu einer schlechten Leistung führen.

Kostenunterschied: Lanthan-Wolfram-Elektroden sind teurer und Alternativen müssen hinsichtlich ihrer Kosteneffizienz bewertet werden.

Versorgungssicherheit: In manchen Regionen sind bestimmte Elektroden möglicherweise schwer erhältlich, sodass alternative Optionen erforderlich sind.

Gerätekompatibilität: Unterschiedliche Elektroden haben unterschiedliche Parameteranforderungen an Schweißgeräte und müssen aufeinander abgestimmt und ausgewählt werden.

### **Lösung**

Schwachstromschweißen: Bevorzugt Cer-Wolfram-Elektroden (WC20), geeignet zum Schweißen von Edelstahl und Blechen.

Hochstromschweißen: Wählen Sie eine Lanthan-Wolfram-Elektrode (WL20), geeignet für dicke Platten und Superlegierungsschweißen.

Alternative: Reicht der Vorrat an Cer-Wolfram-Elektroden nicht aus, können stattdessen Lanthan-Wolfram-Elektroden verwendet werden, allerdings müssen dabei Kegelwinkel und Stromparameter angepasst werden.

Lieferantenauswahl: Wählen Sie Lieferanten, die den Normen ISO 6848 oder GB/T 4192 entsprechen, um die Elektrodenqualität sicherzustellen.

### **Zusätzliche Hinweise**

Die Elektrodenauswahl erfordert eine umfassende Berücksichtigung der Prozessanforderungen und Kosten. AWS A5.12 bietet einen Leistungsvergleich zwischen Cer- und Lanthan-Wolfram, sodass Benutzer den geeigneten Elektrodentyp für ihre spezifische Anwendung auswählen können.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**



## Kapitel 10 Zukünftige Entwicklungstrends von Cer-Wolfram-Elektroden

Als Schlüsselwerkstoff für das Schutzgasschweißen (WIG) und Plasmaschweißen nehmen Cer-Wolfram-Elektroden aufgrund ihrer geringen Radioaktivität, ihrer hervorragenden Lichtbogeneigenschaften und ihrer Lichtbogenstabilität eine wichtige Stellung in der globalen Schweißindustrie ein. Mit der rasanten Entwicklung der Materialwissenschaften, der Fertigungstechnologie und der aufstrebenden Industrien unterliegen die technologischen Innovationen, Anwendungsfelder und das Marktumfeld von Cer-Wolfram-Elektroden tiefgreifenden Veränderungen. Dieses Kapitel erörtert systematisch die zukünftigen Entwicklungstrends von Cer-Wolfram-Elektroden aus drei Blickwinkeln: technologische Innovationen, Anwendungserweiterung sowie Markt und Politik. Dabei werden Hintergrund, Entwicklungsrichtung, potenzielle Auswirkungen und Anwendungsaussichten jedes Trends eingehend analysiert.

### 10.1 Technologische Innovation von Cer-Wolfram-Elektroden

Technologische Innovationen sind die treibende Kraft für die Leistungssteigerung und Anwendungserweiterung von Cer-Wolfram-Elektroden. Zukünftig werden die Forschung und Entwicklung neuer dotierter Materialien, intelligenter und umweltfreundlicher Fertigung sowie Hochleistungselektroden im Mittelpunkt der technologischen Entwicklung stehen. Dies ermöglicht höhere Leistung, geringere Kosten und umweltfreundlichere Produktionsmethoden für Cer-

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Wolfram-Elektroden.

### 10.1.1 Neue dotierte Materialien und Verfahren

#### Technischer Hintergrund

Die Leistung von Cer-Wolfram-Elektroden hängt hauptsächlich vom Synergieeffekt zwischen der Wolframmatrix und dem Ceroxid-Dotierstoff ab. Die herkömmliche Cer-Wolfram-Elektrode (WC20) verbessert die Lichtbogenzündung und -stabilität durch die Zugabe von 1,8 % bis 2,2 % Ceroxid. Mit zunehmenden Anforderungen an Präzisionsschweißen und hohe Umgebungstemperaturen stoßen die Grenzen der einfachen Ceroxid-Dotierung jedoch allmählich an ihre Grenzen. Die Einführung neuer Dotierstoffe und fortschrittlicher Herstellungsverfahren wird die Hochtemperaturbeständigkeit, die Elektronenemissionsfähigkeit und die Lebensdauer der Elektroden deutlich verbessern.

#### Entwicklungstrend

**Verbunddotierungstechnologie:** Zukünftig werden Verbunddotierungselektroden entwickelt, beispielsweise durch die Zugabe von Lanthanoxid, Yttriumoxid oder Zirkonoxid zu Ceroxid, um ein Mehrfachdotierungssystem zu bilden. Verbunddotierung optimiert die Elektronenemission und reduziert die Abbrandrate der Spitze, wodurch sie sich für hohe Wärmeeinbringung und hochpräzises Schweißen eignet. Beispielsweise wird erwartet, dass Cer-Lanthan-Verbundelektroden beim Schweißen von Superlegierungen eine bessere Lichtbogenstabilität aufweisen.

**Nanodotierungsverfahren:** Verbessert die mikrostrukturelle Stabilität der Elektrode durch gleichmäßige Dotierung mit nanoskaligen Ceroxidpartikeln (Partikelgröße <100 nm). Nanodotierung verbessert die Verteilungsgleichmäßigkeit des Ceroxids, reduziert lokale Überhitzung und verbessert die Lichtbogenleistung der Elektroden bei niedrigen Strömen. Dadurch eignen sie sich besonders für die Halbleiter- und Mikroelektronikindustrie.

**Neue Substratmaterialien:** Wolframbasierte Legierungen, wie Wolfram-Molybdän-Legierungen oder Wolfram-Rhenium-Legierungen, können als Substratmaterialien eingesetzt werden, um die mechanische Festigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit von Elektroden zu verbessern. Diese neuen Matrixmaterialien verlängern die Lebensdauer von Elektroden in extremen Umgebungen.

**Fortschrittliche Fertigungsverfahren:** Plasmasintern, Laserauftragschweißen oder 3D-Druckverfahren optimieren die Dotierungsverteilung und die Mikrostruktur der Elektroden. Das Laserauftragschweißen ermöglicht eine präzise Steuerung der Dotierung, während der 3D-Druck individuelle Elektrodenformen für spezielle Schweißanforderungen ermöglicht.

**Technologie zur Oberflächenmodifizierung:** Durch Plasmaspritzen oder chemische Gasphasenabscheidung (CVD) wird eine hochtemperaturbeständige Beschichtung auf der Elektrodenoberfläche gebildet, wodurch die Oxidation der Spitze und Schäden durch Durchbrennen verringert und die Stabilität der Elektrode beim Hochfrequenzschweißen verbessert wird.

#### Mögliche Auswirkungen

**Leistungsverbesserung:** Verbunddotierungs- und Nanodotierungstechnologien werden die Lichtbogenzündungsleistung und die Hochtemperaturbeständigkeit von Elektroden erheblich verbessern und so anspruchsvollen Szenarien wie der Luft- und Raumfahrt- und Nuklearindustrie

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

gerecht werden.

**Kostenkontrolle:** Bei neuen Verfahren muss ein Gleichgewicht zwischen Leistungssteigerung und Produktionskosten gefunden werden. Nanodotierung und 3D-Druck verursachen zwar höhere Anschaffungskosten, können aber auf lange Sicht die Häufigkeit des Elektrodenaustauschs reduzieren.

**Aktualisierungen der Industriestandards:** Neue dotierte Materialien werden die Überarbeitung von Standards wie ISO 6848 vorantreiben und neue Klassifizierungs- und Testanforderungen für zusammengesetzte dotierte Elektroden hinzufügen.

### **Bewerbungsaussichten**

Neue Dotierungsmaterialien und -verfahren machen Cer-Wolfram-Elektroden für ein breiteres Spektrum an Schweißanwendungen geeignet, beispielsweise für das Schweißen von Ultrahochtemperaturlegierungen, die Herstellung von Mikrogeräten und die Produktion von Anlagen für neue Energien. Die Luft- und Raumfahrtindustrie kann mit dotierten Verbundelektroden Präzisionsschweißen von Titanlegierungen erreichen, während die Halbleiterindustrie nanodotierte Elektroden für das Mikrolöten einsetzen kann.

## **10.1.2 Intelligente und umweltfreundliche Fertigung**

### **Technischer Hintergrund**

Intelligente und umweltfreundliche Fertigung sind die Kernrichtung der Fertigungsmodernisierung. Die Herstellung von Cer-Wolfram-Elektroden umfasst energieintensive Prozesse wie Pulvermetallurgie und Hochtemperaturesintern. Traditionelle Verfahren sind mit Energieverschwendung und Umweltverschmutzung verbunden. Intelligente Produktion und umweltfreundliche Fertigungstechnologien werden den Elektrodenproduktionsprozess künftig optimieren, die Effizienz verbessern und die Umweltbelastung reduzieren.

### **Entwicklungstrend**

**Intelligente Produktion:** Nutzen Sie künstliche Intelligenz (KI) und das industrielle Internet der Dinge (IoT), um den Elektrodenproduktionsprozess zu optimieren. KI prognostiziert die Elektrodenqualität und passt Prozessparameter automatisch an, indem sie Pulverdotierung, Sintertemperatur und Formdruck in Echtzeit überwacht. IoT-Systeme ermöglichen die Vernetzung von Produktionsanlagen und verbessern den Automatisierungsgrad von Produktionslinien.

**Online-Qualitätsprüfung:** Entwicklung KI-basierter Online-Inspektionssysteme, die mithilfe von maschinellem Sehen und Spektralanalyse die chemische Zusammensetzung, Mikrostruktur und Oberflächenqualität von Elektroden in Echtzeit erkennen. Dies ersetzt herkömmliche manuelle Prüfmethode und verbessert die Effizienz und Konsistenz der Prüfung.

**Umweltfreundlicher Produktionsprozess:** Zur Reduzierung des Energieverbrauchs werden energiesparende Sintertechniken (wie Mikrowellen- oder Plasmasintern) eingesetzt. Entwicklung einer Abfallrecyclingtechnologie zur Wiederverwertung von Wolframpulver und Ceroxidabfällen im Produktionsprozess, um den Rohstoffabfall zu reduzieren.

**Umweltfreundliche Oberflächenbehandlung:** Ersetzen Sie herkömmliche chemische Reinigungsmethoden durch Plasmareinigung oder Laserreinigungstechnologie, um die Emission von Abwasser zu reduzieren und die Umweltfreundlichkeit des Produktionsprozesses zu verbessern.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

Digital-Twin-Technologie: Erstellen Sie ein digitales Zwillingmodell der Elektrodenproduktionslinie, simulieren Sie den Prozessablauf, optimieren Sie die Produktionsparameter und reduzieren Sie Testkosten und Umweltbelastung.

### **Mögliche Auswirkungen**

Verbesserte Produktionseffizienz: Durch intelligente Produktion kann der Produktionszyklus verkürzt und die Konsistenz und Qualitätsstabilität der Elektroden verbessert werden.

Umweltfreundlich: Grüne Fertigungstechnologie wird den Energieverbrauch und die Emissionen senken, globale Umweltvorschriften einhalten und die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen steigern.

Kostenoptimierung: Intelligenz und Schrottreyclingtechnologie können die Produktionskosten langfristig senken, die anfängliche Ausrüstungsinvestition ist jedoch höher.

Anpassungsfähigkeit an Standards: Grüne Fertigung wird die Aufnahme von Umweltschutzklauseln in Standards wie GB/T 4192 fördern und den Produktionsprozess standardisieren.

### **Bewerbungsaussichten**

Intelligente und umweltfreundliche Fertigung wird die Produktion von Cer-Wolfram-Elektroden effizienter und umweltfreundlicher machen und so die Nachfrage nach Hochleistungselektroden in der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie und anderen Branchen decken. Intelligente Prüfsysteme ermöglichen Unternehmen die Rückverfolgbarkeit der Qualität, und umweltfreundliche Prozesse steigern die Wettbewerbsfähigkeit von Elektroden in umwelttechnisch anspruchsvollen Märkten wie Europa.

## **10.1.3 Forschung und Entwicklung von Hochleistungselektroden**

### **Technischer Hintergrund**

Mit der Weiterentwicklung der Schweißtechnologie haben anspruchsvolle Branchen wie die Luft- und Raumfahrt, die Halbleiterindustrie und die Nuklearindustrie höhere Standards für die Elektrodenleistung gesetzt. Die Leistung herkömmlicher Cer-Wolfram-Elektroden in Ultrahochstrom-, Ultraniedrigstrom- oder extremen Umgebungen muss noch verbessert werden, und die Forschung und Entwicklung von Hochleistungselektroden steht im Mittelpunkt der Zukunft.

### **Entwicklungstrend**

Ultrahochstromelektroden: Entwicklung von Cer-Wolfram-Elektroden, die für Ultrahochströme (> 300 A) geeignet sind. Durch Optimierung der Dotierungsverhältnisse und Matrixmaterialien werden die Verbrennungsbeständigkeit und Lichtbogenstabilität verbessert, um den Anforderungen des Dickplattenschweißens gerecht zu werden.

Elektroden für extrem niedrige Ströme: Entwicklung von Elektroden, die für extrem niedrige Ströme (<10 A) geeignet sind. Dabei werden Nanodotierungs- und Oberflächenmodifizierungstechniken eingesetzt, um die Lichtbogenleistung zu optimieren und die Anforderungen des Mikroschweißens zu erfüllen.

Widerstandsfähige Elektroden für extreme Umgebungsbedingungen: Entwicklung hochtemperatur- und korrosionsbeständiger Elektroden für spezielle Umgebungen wie die Nuklearindustrie und den Schiffsbau. Beispielsweise kann die Verwendung von Korrosionsschutzbeschichtungen oder

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

Wolfram-Rhenium-Legierungen die Stabilität der Elektrode in Umgebungen mit hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit verbessern.

Langlebige Elektroden: Verlängern Sie die Lebensdauer der Elektroden, reduzieren Sie die Austauschhäufigkeit und senken Sie die langfristigen Kosten durch Verbindungsdotierung und fortschrittliche Sintertechnologie.

Kundenspezifische Elektroden: Nutzen Sie die 3D-Drucktechnologie, um kundenspezifische Elektroden herzustellen, die spezielle Form- oder Leistungsanforderungen erfüllen, wie z. B. nicht standardmäßige Durchmesser oder komplexe Spitzengeometrien.

### **Mögliche Auswirkungen**

Erweiterter Anwendungsbereich: Hochleistungselektroden werden den hohen Anforderungen aufstrebender Branchen gerecht und treiben die Anwendung von Cer-Wolfram-Elektroden in High-End-Märkten voran.

Technische Barrieren: Die Forschung und Entwicklung von Hochleistungselektroden erfordert hohe Investitionen, was den Wettbewerb in der Branche verschärfen und technische Barrieren schaffen kann.

Standardaktualisierungen: Hochleistungselektroden werden neue Leistungsanforderungen für Standards wie AWS A5.12 fördern und die Industriestandardisierung vorantreiben.

### **Bewerbungsaussichten**

Hochleistungselektroden werden in der Luft- und Raumfahrt (Schweißen von Titanlegierungen), der Halbleiterindustrie (Schweißen von Mikrochips) und der Nuklearindustrie (Schweißen von Superlegierungen) weit verbreitet sein. Für individuelle Anforderungen, beispielsweise für das Schweißen komplexer geometrischer Strukturen in der Medizintechnik, sind kundenspezifische Elektroden erhältlich.

## **10.2 Anwendungserweiterung von Cer-Wolfram-Elektroden**

Die Anwendungsgebiete von Cer-Wolfram-Elektroden wachsen rasant, und die Nachfrage aufstrebender Branchen wie der Erneuerbare-Energien-, Halbleiter- und Mikroschweißindustrie bietet neue Wachstumspotenziale für Elektroden. Cer-Wolfram-Elektroden werden in Zukunft in hochpräzisen und speziellen Szenarien eine größere Rolle spielen.

### **10.2.1 Nachfrage aus aufstrebenden Industrien (Neue Energien, Halbleiter und andere)**

#### **Anwendungshintergrund:**

Die rasante Entwicklung der neuen Energien (Photovoltaik, Windkraft, Wasserstoff) und der Halbleiterindustrie stellt höhere Anforderungen an die Schweißtechnik. Cer-Wolfram-Elektroden sind aufgrund ihrer geringen Radioaktivität und hohen Leistung ideal für diese Branchen.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**

## CTIA GROUP LTD

### Cerium Tungsten Electrode Introduction

#### 1. Overview of Cerium Tungsten Electrode

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO<sub>2</sub>). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

#### 2. Features of Cerium Tungsten Electrode

**Excellent Arc Starting:** Easy to ignite at low current, with stable and reliable performance.

**Low Burn-off Rate:** Cerium oxide enhances evaporation resistance at high temperatures, extending electrode life.

**High Arc Stability:** Focused arc with minimal flicker, suitable for precision welding.

**Radiation-Free & Eco-Friendly:** A safe and environmentally sound alternative to radioactive thoriated electrodes.

#### 3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode

Type	CeO <sub>2</sub> Content	Color Code	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

#### 4. Applications of Cerium Tungsten Electrode

TIG welding of stainless steel, carbon steel, titanium alloys, nickel alloys, etc.

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

Low-current plasma arc cutting and high-frequency ignition systems

#### 5. Procurement Information

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: [www.tungsten.com.cn](http://www.tungsten.com.cn)

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

Copyright© 2025 CTIA All Rights Reserved  
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2025 version  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

Tel: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2025V  
[sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

### **Entwicklungstrend**

Photovoltaikindustrie: Die Herstellung von Photovoltaikmodulen erfordert hochpräzises Schweißen, beispielsweise beim Verbinden von Siliziumwafern und bei der Zellmontage. Die hervorragende Lichtbogenleistung der Cer-Wolfram-Elektrode eignet sich für Präzisionsschweißen mit niedrigem Strombedarf und wird künftig in der Produktion von Photovoltaikanlagen breite Anwendung finden.

Windkraftindustrie: Das Schweißen von Windkraftanlagen wie Türmen und Rotorblättern erfordert hohe Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Cer-Wolfram-Elektroden erfüllen die Anforderungen des Dickblechschweißens durch Verbunddotierung und werden künftig auch größere Windkraftprojekte unterstützen.

Wasserstoffenergiebranche: Bei der Herstellung von Wasserstoffbrennstoffzellen kommt es auf das Schweißen dünnwandiger Metalle an. Die niedrige Stromstärke und Lichtbogenstabilität von Cer-Wolfram-Elektroden werden dabei eine entscheidende Rolle spielen und die Nachfrage wird in Zukunft schnell steigen.

Halbleiterindustrie: Chip-Verpackungen und die Herstellung von Mikroelektronik erfordern ultrapräzises Löten. Die nanodotierte Version der Cer-Wolfram-Elektrode kann die Lötanforderungen im Mikrometerbereich erfüllen und wird in Zukunft bei der Herstellung von 5G- und KI-Chips eine Rolle spielen.

Elektrofahrzeugindustrie: Die Herstellung von Batteriepacks und Motoren erfordert hochzuverlässiges Schweißen, und Hochleistungsversionen von Cer-Wolfram-Elektroden werden die Massenproduktion von Elektrofahrzeugen unterstützen.

### **Mögliche Auswirkungen**

Marktwachstum: Die Nachfrage aus aufstrebenden Branchen wird die Marktgröße für Cer-Wolfram-Elektroden vorantreiben.

Technologische Verbesserungen: Die Nachfrage nach hochpräzisem Schweißen wird die Forschung und Entwicklung von Hochleistungselektroden beschleunigen.

Branchenzusammenarbeit: Elektrodenhersteller müssen mit Unternehmen aus den Bereichen neue Energie und Halbleiter zusammenarbeiten, um maßgeschneiderte Lösungen zu entwickeln.

### **Bewerbungsaussichten**

Cer-Wolfram-Elektroden werden in der neuen Energie- und Halbleiterindustrie eine Schlüsselrolle spielen. So kann die Photovoltaikindustrie Cer-Wolfram-Elektroden beispielsweise für effizientes Silizium-Wafer-Schweißen nutzen, und die Wasserstoffindustrie kann durch Hochleistungselektroden die Fertigungsqualität von Brennstoffzellen verbessern.

## **10.2.2 Mikroschweißen und Ultrapräzisionsschweißtechnik**

### **Anwendungshintergrund:**

Mikroschweiß- und Ultrapräzisionsschweißtechnologien erfreuen sich zunehmender Nachfrage in der Medizintechnik, der Mikroelektronik, der Luft- und Raumfahrt und anderen Bereichen. Cer-Wolfram-Elektroden eignen sich aufgrund ihrer geringen Lichtbogenbildung ideal für das Mikroschweißen und werden künftig auch in anspruchsvolleren Szenarien eingesetzt.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

## Entwicklungstrend

Mikroschweißelektroden: Entwicklung von Cer-Wolfram-Elektroden mit einem Durchmesser von weniger als 0,5 mm, die sich für Schweißarbeiten im Mikrometerbereich eignen, beispielsweise bei der Herstellung medizinischer Implantate. Nanodotierungstechnologie wird die Leistung der Elektroden bei extrem niedrigen Stromstärken verbessern.

Ultrapräzisionsschweißen: Optimierung der Elektrodenspitzengeometrie und Oberflächenmodifizierungstechniken zur Gewährleistung der Lichtbogenkonzentration und -stabilität, um den Anforderungen der Halbleiterchip-Verpackung und der Mikrostrukturen in der Luft- und Raumfahrt gerecht zu werden.

Automatisiertes Schweißsystem: Kombinieren Sie Roboter- und lasergestützte Schweißtechnologie, um automatisierte Elektrodensysteme zu entwickeln, die für das Mikroschweißen geeignet sind und so die Schweißgenauigkeit und -effizienz verbessern.

Niedertemperaturschweißtechnologie: Forschung und Entwicklung von kältebeständigen Elektroden, die für das Mikroschweißen in Niedertemperaturumgebungen geeignet sind, beispielsweise bei der Montage elektronischer Komponenten von Raumfahrzeugen.

Mehrmaterialschweißen: Entwicklung von Elektroden, die das Schweißen unterschiedlicher Materialien wie Metalle und Keramiken unterstützen und den komplexen Anforderungen der Mikroelektronik- und Medizinbranche gerecht werden.

## Mögliche Auswirkungen

Technologischer Durchbruch: Die Forschung und Entwicklung von Mikroschweißelektroden wird die Weiterentwicklung der Schweißtechnologie vorantreiben.

Kostenherausforderung: Die Herstellung hochpräziser Elektroden ist teuer und erfordert eine Prozessoptimierung, um die Preise zu senken.

Standardentwicklung: Mikroschweißelektroden werden die Aufnahme von Mikroschweißbestimmungen in Standards wie ISO 6848 fördern.

## Bewerbungsaussichten

Cer-Wolfram-Elektroden werden im Bereich des Mikroschweißens, beispielsweise beim Schweißen von Herzschrittmachern in der Medizintechnik, bei der Chip-Verpackung in der Halbleiterindustrie und bei der Herstellung von Mikrosensoren in der Luft- und Raumfahrtindustrie, eine herausragende Rolle spielen. Die Einführung automatisierter Schweißsysteme wird die Produktionseffizienz weiter verbessern.

## 10.3 Markt und Politik für Cer-Wolfram-Elektroden

Das Wachstum der Marktnachfrage und Veränderungen im politischen Umfeld werden die zukünftige Entwicklung von Cer-Wolfram-Elektroden maßgeblich beeinflussen. Globale Marktprognosen, Umweltpolitik und internationale Handelstrends werden der Elektrodenindustrie neue Chancen und Herausforderungen bieten.

### 10.3.1 Globale Marktnachfrageprognose

#### Markthintergrund

Die Marktnachfrage nach Cer-Wolfram-Elektroden wird durch die globale Produktion, die

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

Energiewende und neue Branchenentwicklungen getrieben. Das rasante Wachstum der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie, der erneuerbaren Energien und der Halbleiterindustrie wird die Nachfrage nach Elektroden weiter steigen lassen.

#### **Entwicklungstrend**

Asiatischer Markt: Produktionsmodernisierungen und Investitionen in neue Energien in asiatischen Ländern wie China und Indien werden die Nachfrage nach Cer-Wolfram-Elektroden ankurbeln. Als weltweit größtes Wolfram-Vorkommen wird China weiterhin die Elektrodenproduktion und den Export dominieren.

Nordamerikanischer Markt: Die Expansion der Luft- und Raumfahrt- und Elektrofahrzeugindustrie wird die Nachfrage nach Hochleistungs-Cer-Wolfram-Elektroden erhöhen und die strikte Durchsetzung des AWS A5.12-Standards wird die Marktnormalisierung fördern.

Europäischer Markt: Umweltvorschriften und das Streben nach umweltfreundlicher Produktion werden die Nachfrage nach Cer-Wolfram-Elektroden mit geringer Radioaktivität erhöhen, und Aktualisierungen der Norm EN 26848 werden den Markt weiter regulieren.

Schwellenmärkte: Die Industrialisierung in Afrika und Südamerika wird neue Wachstums- und Nachfragepunkte schaffen, insbesondere im Energie- und Infrastruktursektor.

Branchensegmentierung: Die Nachfrage aus den Bereichen neue Energien (Photovoltaik, Windkraft), Halbleiter und Medizin wird das Marktwachstum für kundenspezifische Elektroden vorantreiben.

#### **Mögliche Auswirkungen**

Marktwachstum: Der globale Markt für Cer-Wolfram-Elektroden wird in den nächsten zehn Jahren voraussichtlich eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von 5–7 % aufweisen.

Regionaler Wettbewerb: Der Kostenvorteil chinesischer Unternehmen und die technologischen Vorteile nordamerikanischer und europäischer Unternehmen werden den Marktwettbewerb verschärfen.

Optimierung der Lieferkette: Die regionale Verteilung der Marktnachfrage wird die Lokalisierung der Lieferkette fördern.

#### **Bewerbungsaussichten**

Cer-Wolfram-Elektroden werden in der globalen Fertigungsindustrie eine wichtige Stellung einnehmen, der chinesische Markt wird vom schnellen Wachstum der neuen Energie- und Halbleiterindustrie profitieren und die nordamerikanischen und europäischen Märkte werden sich auf die Anwendung von Hochleistungselektroden konzentrieren.

### **10.3.2 Auswirkungen der Umweltschutzpolitik auf die Industrie**

#### **Politischer Hintergrund**

Globale Umweltvorschriften (wie die EU-REACH-Verordnung und das chinesische Umweltschutzgesetz) stellen höhere Anforderungen an Umweltschutz und Sicherheit in der Fertigungsindustrie. Die Produktion von Cer-Wolfram-Elektroden umfasst den Abbau von Wolframerz, Pulvermetallurgie und chemische Verarbeitung und muss sich an die Trends der umweltfreundlichen Fertigung anpassen.

#### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung

### **Entwicklungstrend**

Spezifikationen für das Abfallrecycling: Die Richtlinie verpflichtet die Elektrodenhersteller, die Schrottrecyclingrate zu erhöhen (z. B. > 90 %), den Abfall von Wolfram und Ceroxid zu reduzieren und die Umweltverschmutzung zu verringern.

Energiearme Produktion: Förderung des Einsatzes energiearmer Technologien wie Mikrowellensintern und Plasmasintern, um den Kohlenstoffausstoß im Produktionsprozess zu reduzieren.

Radioaktivitätskontrolle: Verbessern Sie die Radioaktivitätserkennung von Elektroden, um sicherzustellen, dass sie unter den Sicherheitsgrenzwerten liegen und die Sicherheitsanforderungen in der Luft- und Raumfahrt sowie der Medizinbranche erfüllen.

Grüne Verpackung: Erfordert die Verwendung von recycelbaren oder biologisch abbaubaren Verpackungsmaterialien, die Reduzierung des Kunststoffverbrauchs und die Einhaltung der EU-Umweltstandards.

CO<sub>2</sub>-Bilanz-Zertifizierung: In Zukunft müssen Unternehmen Berichte über die CO<sub>2</sub>-Bilanz des Elektrodenproduktionsprozesses vorlegen und eine Umweltzertifizierung erwerben, um in den strengen Markt eintreten zu können.

### **Mögliche Auswirkungen**

Steigende Kosten: Die Einhaltung von Umweltvorschriften wird die Produktionskosten erhöhen und die Anpassungsfähigkeit von KMU könnte eingeschränkt sein.

Marktzugang: Elektroden, die den Umweltrichtlinien entsprechen, können leichter auf den europäischen und nordamerikanischen Markt gelangen.

Technologische Verbesserungen: Umweltpolitische Maßnahmen werden die Einführung energiesparender Technologien und Technologien zur Abfallverwertung fördern.

### **Bewerbungsaussichten**

Umweltschutzmaßnahmen werden die Umstellung der Produktion von Cer-Wolfram-Elektroden auf umweltfreundliche Technologien fördern. Grüne Elektroden werden in der Energie- und Medizinbranche zunehmend eingesetzt. Unternehmen müssen ihre Wettbewerbsfähigkeit auf dem Markt durch technologische Modernisierungen und die Einhaltung von Zertifizierungen verbessern.

## **10.3.3 Trends im internationalen Handel und in der Lieferkette**

### **Markthintergrund**

Der internationale Handel mit Cer-Wolfram-Elektroden wird von der globalen Wolfram-Ressourcenverteilung, der Produktionsnachfrage und der Handelspolitik beeinflusst. China, der weltweit größte Wolframproduzent, dominiert die Elektroden-Lieferkette, doch geopolitische und handelspolitische Barrieren können Herausforderungen darstellen.

### **Entwicklungstrend**

Diversifizierung der Lieferkette: Um Handelsrisiken zu bewältigen, werden nordamerikanische und europäische Unternehmen versuchen, ihre Lieferketten zu diversifizieren, beispielsweise durch die Erschließung von Wolframressourcen in Australien und Kanada.

Lokalisierte Produktion: Die europäischen und nordamerikanischen Märkte werden die

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

Lokalisierung der Elektrodenproduktion vorantreiben, wodurch die Abhängigkeit von asiatischen Importen verringert und die Stabilität der Lieferkette verbessert wird.

Auswirkungen von Handelsabkommen: Regionale Handelsabkommen (z. B. RCEP, CPTPP) werden den Elektrodenhandel auf asiatischen Märkten erleichtern und Zollschränken abbauen.

Digitale Lieferkette: Nutzen Sie die Blockchain-Technologie, um die Quelle der Elektrodenrohstoffe und den Produktionsprozess zu verfolgen und so die Transparenz und Rückverfolgbarkeit der Lieferkette zu verbessern.

Anforderungen an den grünen Handel: Der CO<sub>2</sub>-Grenzausgleichsmechanismus (CBAM) der EU wird vorschreiben, dass importierte Elektroden die Kohlenstoffemissionsstandards erfüllen und die Verbreitung grüner Produktionstechnologien fördern.

### **Mögliche Auswirkungen**

Verschärfter Marktwettbewerb: Die Diversifizierung der Lieferketten wird den Wettbewerb auf dem Weltmarkt verschärfen und der Kostenvorteil chinesischer Unternehmen könnte geschwächt werden.

Handelshemmnisse: Geopolitische und ökologische Anforderungen können den Export von Elektroden einschränken, was durch eine Zertifizierung behoben werden muss.

Technologische Synergie: Digitale Lieferketten werden die globale technische Zusammenarbeit fördern und die Elektrodenqualität verbessern.

### **Bewerbungsaussichten**

Internationale Handels- und Lieferkettentrends werden die Cer-Wolfram-Elektrodenindustrie in Richtung Globalisierung, Ökologisierung und Digitalisierung treiben. Chinesische Unternehmen müssen ihren Wettbewerbsvorteil durch Technologie-Upgrades und Umweltzertifizierungen sichern, während nordamerikanische und europäische Unternehmen die Marktnachfrage durch lokale Produktion decken können.

#### **Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung**



## Anhang

### A. Glossar

**Cer-Wolfram-Elektrode:** Eine nicht radioaktive Elektrode, die mit 2–4 % Ceroxid auf Wolframbasis dotiert ist und beim WIG-Schweißen und anderen Verfahren verwendet wird.

**Elektronen-Entweicharbeitsfunktion:** Die Mindestenergiemenge, die erforderlich ist, damit Elektronen von der Oberfläche des Materials entweichen können, was sich auf die Lichtbogenleistung der Elektrode auswirkt.

**Lichtbogenstartleistung:** Die Fähigkeit der Elektrode, bei niedrigen Stromstärken einen stabilen Lichtbogen zu bilden.

**Lichtbogenstabilität:** Die Der Lichtbogen behält während des Schweißvorgangs eine kontinuierliche und ruckelfreie Charakteristik bei.

**Burn-off-Rate:** Die Masseverlustrate der Elektrode durch hohen Temperaturverlust während des Schweißvorgangs.

**Pulvermetallurgie:** Eine Technologie zur Herstellung von Metallmaterialien durch Pulvermischen, Pressen und Sintern.

**WIG-Schweißen (Wolfram-Inertgasschweißen):** Wolfram-Argon Lichtbogenschweißen unter Schutzgasschutz.

**Ceroxid (CeO<sub>2</sub>):** Ein Seltenerdoxid-Zusatz, der die Leistung von Wolframelektroden verbessert.

**Plasmalichtbogenschweißen:** Ein Verfahren, bei dem Hochtemperatur-Plasmalichtbögen zum

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

hochpräzisen Schweißen verwendet werden.

**Mikrostruktur:** Die Strukturelle Eigenschaften des Materials wie Korn- und Phasenverteilung, die unter einem Mikroskop beobachtet werden.

**ISO 6848:** Standard für Klassifizierung und technische Anforderungen für Wolframelektroden, entwickelt von der Internationalen Organisation für Normung.

**AWS A5.12:** A Spezifikationsstandard für Wolframelektroden, entwickelt von der American Welding Society.

**SEM (Rasterelektronenmikroskop):** A Rasterelektronenmikroskop zur Analyse der Oberflächenmorphologie und Mikrostruktur von Materialien.

**ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry):** Induktiv gekoppelte Plasma-Massenspektrometrie zur Elementanalyse.

**Sintern:** Das Verfahren zum Erhitzen von Pulver auf hohe Temperaturen, um es zu einem dichten Material zu verbinden.

## B. Referenzen

- [1] Internationale Organisation für Normung. (2004). ISO 6848: Lichtbogenschweißen und -schneiden – Nicht abschmelzende Wolframelektroden – Klassifizierung. Genf: ISO. [2] American Welding Society. (2009). AWS A5.12: Spezifikation für Wolfram- und oxiddisperse Wolframelektroden zum Lichtbogenschweißen und -schneiden. Miami: AWS.
- [3] Europäisches Komitee für Normung. (1991). EN 26848: Wolframelektroden zum Schutzgasschweißen und zum Plasmaschneiden und -schweißen. Brüssel: CEN.
- [4] Nationales Technisches Komitee für Standardisierung. (2015). GB/T 4192: Wolframelektroden zum Lichtbogenschweißen, Plasmaschweißen und Schneiden unter Schutzgas. Peking: China Standard Press.
- [5] Chinesischer Verband der Maschinenindustrie. (2017). JB/T 12706: Wolframelektrode zum Schweißen. Peking: China Standard Press. [6] Zhang Wei, Liu Jun. (2018). Forschungsfortschritt bei Wolframelektrodenmaterialien für das WIG-Schweißen. Transactions of the Chinese Journal of Materials Science and Engineering, 36(4), 215–223.
- [7] Wang Xin, Li Hui. (2020). Anwendung der Nano-Dotierungstechnologie bei der Entwicklung von Cer-Wolfram-Elektroden. Welding Technology Review, 42(3), 87–94.
- [8] Chinesischer Verband der Wolframindustrie. (2022). Jahresbericht über die Produktion und Markttrends von Wolframelektroden. Peking: Chinesischer Verband der Wolframindustrie.

### Erklärung zum Urheberrecht und zur rechtlichen Haftung