

Enciclopedia de Electrodo de Itrio y Tungsteno

中钨智造科技有限公司
CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

Líder mundial en fabricación inteligente para las industrias de tungsteno, molibdeno y tierras raras

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2024V
sales@chinatungsten.com

INTRODUCCIÓN A CTIA GROUP

CTIA GROUP LTD, una subsidiaria de propiedad total con personalidad jurídica independiente establecida por CHINATUNGSTEN ONLINE, se dedica a promover el diseño y la fabricación inteligentes, integrados y flexibles de materiales de tungsteno y molibdeno en la era de Internet industrial. CHINATUNGSTEN ONLINE, fundada en 1997 con www.chinatungsten.com como punto de partida, el primer sitio web de productos de tungsteno de primer nivel de China, es la empresa de comercio electrónico pionera del país que se centra en las industrias del tungsteno, el molibdeno y las tierras raras. Aprovechando casi tres décadas de profunda experiencia en los campos de tungsteno y molibdeno, CTIA GROUP hereda las excepcionales capacidades de diseño y fabricación, los servicios superiores y la reputación comercial global de su empresa matriz, convirtiéndose en un proveedor integral de soluciones de aplicaciones en los campos de productos químicos de tungsteno, metales de tungsteno, carburos cementados, aleaciones de alta densidad, molibdeno y aleaciones de molibdeno.

Durante los últimos 30 años, CHINATUNGSTEN ONLINE ha establecido más de 200 sitios web profesionales multilingües de tungsteno y molibdeno que cubren más de 20 idiomas, con más de un millón de páginas de noticias, precios y análisis de mercado relacionados con el tungsteno, el molibdeno y las tierras raras. Desde 2013, su cuenta oficial de WeChat "CHINATUNGSTEN ONLINE" ha publicado más de 40.000 piezas de información, sirviendo a casi 100.000 seguidores y proporcionando información gratuita diariamente a cientos de miles de profesionales de la industria en todo el mundo. Con visitas acumuladas a su grupo de sitios web y cuentas oficiales que llegan miles de millones de veces, se ha convertido en un centro de información global y autorizado reconocido para las industrias del tungsteno, el molibdeno y las tierras raras, proporcionando noticias multilingües las 24 horas del día, los 7 días de la semana, rendimiento de productos, precios de mercado y servicios de tendencias del mercado.

Sobre la base de la tecnología y la experiencia de CHINATUNGSTEN ONLINE, CTIA GROUP se enfoca en satisfacer las necesidades personalizadas de los clientes. Utilizando tecnología de inteligencia artificial, diseña y produce en colaboración productos de tungsteno y molibdeno con composiciones químicas y propiedades físicas específicas (como tamaño de partícula, densidad, dureza, resistencia, dimensiones y tolerancias) con los clientes. Ofrece servicios integrados de proceso completo que van desde la apertura de moldes, la producción de prueba hasta el acabado, el empaque y la logística. Durante los últimos 30 años, CHINATUNGSTEN ONLINE ha brindado servicios de investigación y desarrollo, diseño y producción para más de 500,000 tipos de productos de tungsteno y molibdeno a más de 130,000 clientes en todo el mundo, sentando las bases para una fabricación personalizada, flexible e inteligente. Basándose en esta base, CTIA GROUP profundiza aún más en la fabricación inteligente y la innovación integrada de materiales de tungsteno y molibdeno en la era de Internet industrial.

El Dr. Hanns y su equipo en CTIA GROUP, basándose en sus más de 30 años de experiencia en la industria, también han escrito y publicado conocimientos, tecnología, precios de tungsteno y análisis de tendencias de mercado relacionados con el tungsteno, el molibdeno y las tierras raras, compartiéndolos libremente con la industria del tungsteno. El Dr. Han, con más de 30 años de experiencia desde la década de 1990 en el comercio electrónico y el comercio internacional de productos de tungsteno y molibdeno, así como en el diseño y fabricación de carburos cementados y aleaciones de alta densidad, es un reconocido experto en productos de tungsteno y molibdeno tanto a nivel nacional como internacional. Siguiendo el principio de proporcionar información profesional y de alta calidad a la industria, el equipo de CTIA GROUP escribe continuamente trabajos de investigación técnica, artículos e informes de la industria basados en la práctica de producción y las necesidades de los clientes del mercado, ganando elogios generalizados en la industria. Estos logros brindan un sólido apoyo para la innovación tecnológica, la promoción de productos y los intercambios de la industria de CTIA GROUP, impulsándolo a convertirse en un líder mundial en la fabricación de productos de tungsteno y molibdeno y servicios de información.



Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

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

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

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

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

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

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

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

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

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

6. Procurement Information

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

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2024V
sales@chinatungsten.com

Directorio

Capítulo 1 Introducción a los electrodos de itrio y tungsteno

- 1.1 Definición y antecedentes del electrodo de itrio y tungsteno
 - 1.1.1 Composición química y principio básico del electrodo de itrio y tungsteno
 - 1.1.2 Historia de la investigación y el desarrollo y evolución tecnológica de los electrodos de itrio y tungsteno
 - 1.1.3 El auge de los electrodos de itrio y tungsteno en la soldadura de alto rendimiento
- 1.2 Posicionamiento en el mercado de los electrodos de itrio y tungsteno
 - 1.2.1 Análisis comparativo con otros electrodos de tungsteno de tierras raras
 - 1.2.2 Estado del mercado global y perspectivas de los electrodos de tungsteno de itrio
 - 1.2.3 Ventajas únicas de los electrodos de itrio y tungsteno

Capítulo 2 Clasificación de electrodos de itrio y tungsteno

- 2.1 Clasificación según el contenido de óxido de itrio
 - 2.1.1 Rendimiento y uso del electrodo de óxido de itrio al 2% (WY20)
 - 2.1.2 Desarrollo de electrodos personalizados con contenido de óxido de itrio
- 2.2 Clasificación según el proceso de soldadura
 - 2.2.1 Electrodo de itrio y tungsteno para soldadura TIG
 - 2.2.2 Electrodos para soldadura y corte por arco de plasma
 - 2.2.3 Electrodos para procesos especiales (soldadura al vacío, microsoldadura)
- 2.3 Clasificación según forma y especificación
 - 2.3.1 Electrodo de varilla estándar (especificaciones de diámetro y longitud)
 - 2.3.2 Electrodos de microagujas (para soldadura de ultraprecisión)
 - 2.3.3 Electrodos personalizados no estándar (diseño y aplicación de formas especiales)
- 2.4 Clasificación por entorno de aplicación
 - 2.4.1 Electrodos de soldadura en entornos de alta temperatura
 - 2.4.2 Electrodos ambientales de vacío y gas inerte
 - 2.4.3 Electrodos especiales para ambientes corrosivos
- 2.5 Normas y especificaciones de identificación
 - 2.5.1 Clasificación y escalas de colores en normas internacionales (ISO 6848, AWS A5.12)
 - 2.5.2 Clasificación e identificación en las normas nacionales (GB/T 4192)
 - 2.5.3 Requisitos de empaque y etiquetado para electrodos de itrio y tungsteno

Capítulo 3 Características de rendimiento de los electrodos de itrio y tungsteno

- 3.1 Propiedades físicas de los electrodos de itrio y tungsteno
 - 3.1.1 Alto punto de fusión y estabilidad a altas temperaturas de electrodos de itrio y tungsteno
 - 3.1.2 Densidad, dureza y resistencia a la deformación de los electrodos de itrio y tungsteno
 - 3.1.3 Conductividad térmica y características de expansión térmica de los electrodos de itrio y tungsteno
- 3.2 Propiedades químicas de los electrodos de itrio y tungsteno
 - 3.2.1 Estabilidad química del óxido de itrio a altas temperaturas
 - 3.2.2 Resistencia a la oxidación y corrosión de los electrodos de itrio y tungsteno

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

- 3.2.3 Comportamiento químico de los electrodos de itrio y tungsteno en entornos especiales
- 3.3 Propiedades eléctricas de los electrodos de itrio y tungsteno
 - 3.3.1 Trabajo de escape de electrones y rendimiento de arco del electrodo de itrio y tungsteno
 - 3.3.2 Estabilidad del arco del electrodo de itrio y tungsteno a alta densidad de corriente
 - 3.3.3 Conductividad y capacidad de emisión termoiónica de los electrodos de itrio y tungsteno
- 3.4 Propiedades mecánicas de los electrodos de itrio y tungsteno
 - 3.4.1 Resistencia a la fluencia a alta temperatura del electrodo de itrio y tungsteno
 - 3.4.2 Resistencia al desgaste de la punta del electrodo de itrio y tungsteno
 - 3.4.3 Análisis de las características de baja pérdida por combustión y la vida útil de los electrodos de itrio y tungsteno
- 3.5 Características de seguridad y protección del medio ambiente de los electrodos de itrio y tungsteno
 - 3.5.1 Las ventajas de la no radiactividad y la baja toxicidad de los electrodos de itrio y tungsteno
 - 3.5.2 Evaluación del impacto ambiental y la sostenibilidad de los electrodos de itrio y tungsteno
 - 3.5.3 Especificaciones de seguridad y salud ocupacional para electrodos de itrio y tungsteno
- 3.6 Electrodo de tungsteno de itrio de fabricación inteligente de China MSDS

Capítulo 4 Proceso de preparación y tecnología del electrodo de itrio y tungsteno

- 4.1 Preparación de materias primas para electrodos de itrio y tungsteno
 - 4.1.1 Cribado y preparación de polvo de tungsteno de alta pureza
 - 4.1.2 Purificación y control de calidad del óxido de itrio
 - 4.1.3 Selección y optimización de aditivos auxiliares
- 4.2 Proceso de pulvimetalurgia del electrodo de itrio y tungsteno
 - 4.2.1 Tecnología de mezcla y dopaje del polvo de itrio y tungsteno
 - 4.2.2 Proceso de formación a alta presión y prensado isostático
 - 4.2.3 Sinterización a alta temperatura y control de la atmósfera (hidrógeno, sinterización al vacío)
- 4.3 Procesamiento y acabado de electrodos de itrio y tungsteno
 - 4.3.1 Calandrado en caliente y dibujo de precisión
 - 4.3.2 Pulido de superficies y formación de puntas
 - 4.3.3 Corte de electrodos y procesamiento personalizado
- 4.4 Tecnología de control de calidad de los electrodos de itrio y tungsteno
 - 4.4.1 Control de la uniformidad de la distribución del óxido de itrio
 - 4.4.2 Análisis de microestructuras (SEM, EDS, XRD)
 - 4.4.3 Optimización de los parámetros del proceso y prevención de defectos
- 4.5 Tecnología de fabricación avanzada de electrodo de itrio y tungsteno
 - 4.5.1 Tecnología de dopaje con óxido de itrio a nanoescala
 - 4.5.2 Proceso de sinterización por plasma de descarga (SPS)
 - 4.5.3 Fabricación inteligente y tecnología de monitoreo en tiempo real

Capítulo 5 Campos de aplicación de los electrodos de itrio y tungsteno

- 5.1 Aplicaciones de soldadura de electrodos de itrio y tungsteno
 - 5.1.1 Aplicación de la soldadura TIG (soldadura por arco de argón) en superaleaciones
 - 5.1.2 Aplicaciones de alta precisión de la soldadura por arco de plasma

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

- 5.1.3 Soldadura de aleación de titanio con aleación a base de níquel en ambiente de vacío
- 5.2 Aplicaciones no soldadas de electrodos de itrio y tungsteno
 - 5.2.1 Corte y pulverización por plasma
 - 5.2.2 Aplicaciones de electrodos en el mecanizado por descarga eléctrica (EDM)
 - 5.2.3 Aplicación en dispositivos de descarga a alta temperatura
- 5.3 Aplicación del electrodo de itrio y tungsteno en la industria
 - 5.3.1 Aeroespacial (componentes del motor, álabes de turbina)
 - 5.3.2 Industria militar y de defensa (materiales de blindaje, componentes de misiles)
 - 5.3.3 Industria energética (equipos de energía nuclear, turbinas de gas)
 - 5.3.4 Fabricación de semiconductores y microelectrónica
- 5.4 Análisis de caso típico de electrodos de itrio y tungsteno
 - 5.4.1 Soldadura de piezas estructurales de aviación de aleación de titanio
 - 5.4.2 Reparación de superaleaciones y fortalecimiento de superficies
 - 5.4.3 Soldadura de componentes de precisión en entornos de vacío

Capítulo 6 Equipo de producción de electrodos de itrio y tungsteno

- 6.1 Equipo de preparación de materias primas para electrodos de itrio y tungsteno
 - 6.1.1 Equipo de clasificación por tamaño de partículas y molienda de polvo de tungsteno
 - 6.1.2 Equipos de purificación y nanopreservación de óxido de itrio
- 6.2 Equipos de pulvimetalurgia para electrodos de itrio y tungsteno
 - 6.2.1 Sistema de mezcla y dopaje de alta precisión
 - 6.2.2 Prensado isostático en frío y equipo de prensado en caliente
 - 6.2.3 Horno de sinterización al vacío de alta temperatura y horno de atmósfera
- 6.3 Equipo de procesamiento y conformado para electrodos de itrio y tungsteno
 - 6.3.1 Máquina de calandrado y embutición de precisión
 - 6.3.2 Equipo de pulido y pulido CNC
 - 6.3.3 Equipos de corte por láser y conformación de electrodos
- 6.4 Equipos de inspección y control de calidad para electrodos de itrio y tungsteno
 - 6.4.1 Equipo de análisis de composición química (ICP-MS, XRF)
 - 6.4.2 Equipos de análisis de microestructura y morfología (SEM, TEM)
 - 6.4.3 Equipo de prueba de rendimiento (estabilidad del arco, probador de tasa de quemado)
- 6.5 Equipo de producción inteligente para electrodos de itrio y tungsteno
 - 6.5.1 Líneas de producción automatizadas y robots industriales
 - 6.5.2 Sistema de monitoreo de calidad y análisis de datos en línea

Capítulo 7 Normas nacionales y extranjeras para electrodos de itrio y tungsteno

- 7.1 Estándar internacional para electrodos de itrio y tungsteno
 - 7.1.1 ISO 6848: Clasificación y requisitos técnicos para electrodos de tungsteno
 - 7.1.2 AWS A5.12: Especificaciones y rendimiento del electrodo de tungsteno
 - 7.1.3 EN 26848: Norma europea para electrodos de tungsteno
- 7.2 Estándares nacionales para electrodos de itrio y tungsteno
 - 7.2.1 GB/T 4192: Condiciones técnicas para electrodos de tungsteno
 - 7.2.2 JB/T 12706: Estándar para electrodos de tungsteno para soldadura

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

- 7.2.3 Normas y especificaciones específicas de la industria
- 7.3 Comparación estándar y aplicación del electrodo de itrio y tungsteno
 - 7.3.1 Diferencias y aplicabilidad de las normas nacionales y extranjeras
 - 7.3.2 El papel rector de las normas en el proceso de producción
 - 7.3.3 La función normativa de las normas en los escenarios de aplicación
- 7.4 Tendencia de desarrollo estándar del electrodo de itrio y tungsteno
 - 7.4.1 El impacto de los nuevos materiales y procesos en las normas
 - 7.4.2 Actualizaciones de las normas de protección y seguridad del medio ambiente

Capítulo 8 Tecnología de detección del electrodo de itrio y tungsteno

- 8.1 Detección de composición química de electrodos de itrio y tungsteno
 - 8.1.1 Medición precisa del contenido de óxido de itrio
 - 8.1.2 Elementos de impurezas y análisis de trazas
 - 8.1.3 Detección de la uniformidad de la distribución de componentes
- 8.2 Propiedades físicas de los electrodos de itrio y tungsteno
 - 8.2.1 Prueba de densidad, dureza y propiedades mecánicas
 - 8.2.2 Pruebas de calidad superficial y precisión dimensional
 - 8.2.3 Prueba de propiedades físicas a alta temperatura
- 8.3 Detección de propiedades eléctricas del electrodo de itrio y tungsteno
 - 8.3.1 Trabajo de escape de electrones y prueba de emisión termoiónica
 - 8.3.2 Prueba de rendimiento y estabilidad del arco de iniciación del arco
 - 8.3.3 Prueba de velocidad de quemado en condiciones de alta corriente
- 8.4 Detección de microestructura de electrodos de itrio y tungsteno
 - 8.4.1 Análisis de la estructura y el tamaño del grano
 - 8.4.2 Distribución y análisis de fase de partículas de óxido de itrio
 - 8.4.3 Detección de defectos internos (grietas, porosidad)
- 8.5 Pruebas ambientales y de seguridad de electrodos de itrio y tungsteno
 - 8.5.1 Certificación no radiactiva
 - 8.5.2 Evaluación del impacto ambiental y la reciclabilidad
 - 8.5.3 Pruebas de seguridad y salud ocupacional
- 8.6 Tecnología de prueba y equipo del electrodo de itrio y tungsteno
 - 8.6.1 Instrumentos y principios comunes de ensayo
 - 8.6.2 Tecnologías avanzadas de detección (asistidas por IA, análisis in situ, etc.)

Capítulo 9 Problemas comunes y soluciones para usuarios de electrodos de itrio y tungsteno

- 9.1 Posibles causas de la inestabilidad del arco de los electrodos de itrio y tungsteno
 - 9.1.1 Geometría incorrecta de la punta del electrodo
 - 9.1.2 Problemas de configuración de parámetros y tipo de corriente
 - 9.1.3 Calidad o caudal insuficientes del gas de protección
 - 9.1.4 Contaminación u oxidación de la superficie del electrodo
- 9.2 Causas y contramedidas de la combustión rápida de las puntas de los electrodos de itrio y tungsteno
 - 9.2.1 Corriente excesiva o selección de polaridad incorrecta

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

- 9.2.2 Optimizar el ángulo de rectificado de la punta y el tratamiento de la superficie
- 9.2.3 Ajuste del tipo y caudal del gas de protección
- 9.2.4 Reemplace el electrodo con un mayor contenido de óxido de itrio
- 9.3 Cómo elegir el contenido adecuado de óxido de itrio
 - 9.3.1 Seleccionado según el material de soldadura (aleación de titanio, aleación a base de níquel, etc.)
 - 9.3.2 Adaptación del tipo de corriente y la intensidad
 - 9.3.3 Selección en entornos especiales (vacío, alta temperatura)
 - 9.3.4 Análisis de equilibrio de rendimiento y costo
- 9.4 Contramedidas para la dificultad de la formación de arcos de electrodos de itrio y tungsteno
 - 9.4.1 Verifique la limpieza de la superficie y el estado de la punta de los electrodos
 - 9.4.2 Optimización de los parámetros de inicio del arco de alta frecuencia
 - 9.4.3 Ajuste de la distancia entre el electrodo y la pieza de trabajo
 - 9.4.4 Reemplace el electrodo o verifique la estabilidad de la fuente de alimentación
- 9.5 Tungsteno de itrio mezclado con otros electrodos de tungsteno
 - 9.5.1 Efectos de la mezcla en el rendimiento del arco
 - 9.5.2 Problemas de pérdida de electrodos causados por la mezcla
 - 9.5.3 Sugerencias para la identificación y gestión de electrodos
 - 9.5.4 Análisis de sustitución de electrodos de itrio y tungsteno

Capítulo 10 Tendencia de desarrollo futuro del electrodo de itrio y tungsteno

- 10.1 Dirección de innovación tecnológica del electrodo de itrio y tungsteno
 - 10.1.1 Nueva tecnología de dopaje compuesto de tierras raras
 - 10.1.2 Investigación y desarrollo de electrodos de ultra alta temperatura y ultraprecisión
 - 10.1.3 Fabricación ecológica y tecnología de producción baja en carbono
- 10.2 Expansión de los campos de aplicación de los electrodos de itrio y tungsteno
 - 10.2.1 Fabricación de equipos de nueva energía (baterías, energía eólica)
 - 10.2.2 Profundización de las aplicaciones en los campos aeroespacial y de defensa
 - 10.2.3 Soldadura de precisión en la industria de la microelectrónica y los semiconductores
- 10.3 Tendencias del mercado y las políticas de los electrodos de itrio y tungsteno
 - 10.3.1 Pronóstico de la demanda del mercado global de electrodos de itrio y tungsteno
 - 10.3.2 El impacto de la política de recursos de tierras raras en la producción
 - 10.3.3 Comercio internacional y optimización de la cadena de suministro

Apéndice

- A. Glosario
- B. Referencias

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Capítulo 1 Introducción a los electrodos de itrio y tungsteno

1.1 Definición y antecedentes del electrodo de itrio y tungsteno

1.1.1 Composición química y principio básico del electrodo de itrio y tungsteno

El electrodo de tungsteno de itrio es un electrodo de tungsteno de tierras raras de alto rendimiento dopado principalmente con una cantidad adecuada de óxido de itrio (Y_2O_3) en una matriz de tungsteno de alta pureza. El grado común de la industria es WY20, y el logotipo característico es el recubrimiento azul. Este electrodo combina las propiedades fisicoquímicas del metal de tungsteno y el óxido de itrio, lo que lo convierte en un consumible importante en la soldadura por arco de tungsteno argón (soldadura TIG). La composición química de los electrodos de tungsteno de itrio incluye principalmente tungsteno de alta pureza (W, alrededor del 98% 99,5%) y una pequeña cantidad de óxido de itrio (Y_2O_3 , generalmente del 1,8% al 2,2%), que a veces puede contener trazas de otras impurezas, pero estas impurezas están estrictamente controladas para garantizar la estabilidad del rendimiento.

Como metal de transición, el tungsteno tiene un punto de fusión extremadamente alto (3422 °C), excelente conductividad eléctrica y térmica e inercia química, lo que lo convierte en una opción ideal para materiales de electrodos. Sin embargo, los electrodos de tungsteno puro tienen problemas como una baja eficiencia de emisión de electrones y una fácil rotura en la soldadura a alta temperatura. El dopaje del óxido de itrio mejoró significativamente estas deficiencias. El óxido de itrio es un material de trabajo de bajo escape de electrones, y su trabajo de escape de electrones es de aproximadamente 2.5 ~ 2.7 eV, que es mucho más bajo que los 4.5 eV del tungsteno puro. Esto permite que los electrodos de itrio y tungsteno comiencen a formar arcos a voltajes más bajos, exhibiendo un excelente rendimiento de iniciación de arco. Además, la adición de óxido de itrio aumenta la temperatura de recristalización del electrodo (generalmente por encima de 2000 °C), lo que mejora la resistencia a la deformación a alta temperatura y reduce la tasa de quemado.

Desde el principio básico, el electrodo de itrio y tungsteno se utiliza como electrodo no consumible en la soldadura TIG, utilizado principalmente para generar un arco estable, calentar y fundir la pieza de trabajo y el material de relleno. Su principio de funcionamiento se basa en la emisión termoiónica: cuando el electrodo es excitado por una fuente de alimentación de alta frecuencia o CC, las partículas de óxido de itrio en la matriz de tungsteno activan la emisión de electrones, formando un arco de alta temperatura (temperatura de hasta 6000 ~ 7000 °C). La estabilidad del arco se debe a la esbelta y alta compresión de la columna de arco del electrodo de itrio y tungsteno, lo que hace que tenga una gran profundidad de penetración en condiciones de corriente moderadas a altas, lo que lo hace especialmente adecuado para la soldadura de alta precisión.

Las propiedades fisicoquímicas de los electrodos de itrio y tungsteno también incluyen un alto módulo elástico (alrededor de 410 GPa), buena resistencia a la corrosión y resistencia a la oxidación. Estas propiedades garantizan la estabilidad a largo plazo del electrodo en entornos exigentes, como altas temperaturas, alta humedad o gases corrosivos. Además, la conductividad de los electrodos de tungsteno de itrio (la resistividad es de aproximadamente $5,6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$) y la conductividad térmica (aproximadamente 174 W/m·K) son mejores que otros electrodos de tungsteno de tierras raras, lo

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

que lo hace superior en soldadura de alta potencia.

1.1.2 Historia de la investigación y el desarrollo y evolución tecnológica de los electrodos de itrio y tungsteno

El desarrollo de electrodos de itrio y tungsteno se originó a partir de la demanda de materiales de soldadura de alto rendimiento a mediados y finales del siglo XX. Los electrodos de tungsteno se utilizaron por primera vez en forma de tungsteno puro para la soldadura TIG, pero sus limitaciones se han ido exponiendo gradualmente, especialmente en el contexto de los crecientes requisitos de calidad de soldadura en las industrias aeroespacial y militar. En los años 60 del siglo XX, los electrodos de tungsteno de torio (óxido de torio dopado, ThO_2) se generalizaron debido a sus excelentes propiedades de emisión de electrones, pero la radiactividad del torio planteó problemas de seguridad y protección ambiental, lo que llevó a los investigadores a buscar materiales alternativos.

En la década de 1970, se introdujeron óxidos de tierras raras (como óxido de lantano, óxido de cerio, óxido de itrio) en el estudio de dopaje de electrodos de tungsteno. El óxido de itrio ha llamado la atención debido a su bajo trabajo de escape de electrones y su alta estabilidad química. La investigación y el desarrollo tempranos de electrodos de itrio y tungsteno se centraron principalmente en optimizar las proporciones de dopaje y los procesos de producción. En la década de 1980, algunas instituciones de investigación en los Estados Unidos y Europa comenzaron a experimentar con óxido de itrio en matriz de tungsteno y descubrieron que podría mejorar significativamente el rendimiento de arco y la durabilidad de los electrodos. En 1985, entró en el mercado el primer electrodo comercial de itrio y tungsteno (WY20), utilizado principalmente para la soldadura de precisión en el campo aeroespacial.

En el siglo XXI, con los avances en la ciencia de los materiales y la tecnología de fabricación, el proceso de producción de electrodos de itrio y tungsteno se ha optimizado significativamente. Se ha mejorado el método tradicional de pulvimetalurgia, y la aplicación de la tecnología de dopaje por pulverización y el proceso de sinterización a alta temperatura ha hecho que la distribución del óxido de itrio en la matriz de tungsteno sea más uniforme. Por ejemplo, los procesos de producción modernos a menudo incluyen los siguientes pasos: rociar una solución acuosa de nitrato de itrio en el paratungstato de amonio o trioxido de tungsteno en las materias primas, el polvo de recubrimiento de itrio de tungsteno se forma después del secado; El polvo uniforme de itrio de tungsteno se obtiene mediante dos reducciones; Luego se prensa, se sinteriza a alta temperatura (aproximadamente 2800°C) y se forja en múltiples pasadas para hacer piezas en bruto de electrodos de itrio y tungsteno de grano fino de alta densidad. Estas mejoras en el proceso reducen los defectos internos de los electrodos, mejoran las propiedades mecánicas y la estabilidad del arco.

En los últimos años, China ha logrado un progreso significativo en el campo de la investigación y el desarrollo de electrodos de itrio y tungsteno. Por ejemplo, una empresa nacional ha desarrollado un electrodo de tungsteno multicompuesto (WX4) y ha obtenido una patente de invención nacional. Este electrodo ha logrado avances en el proceso de dopaje y la optimización del rendimiento, y se usa ampliamente en escenarios de soldadura de alto rendimiento. Además, a nivel mundial, el

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

enfoque de investigación y desarrollo de los electrodos de itrio y tungsteno se está desplazando gradualmente hacia la protección del medio ambiente y la rentabilidad, con el objetivo de desarrollar materiales alternativos no radiactivos y de bajo costo.

1.1.3 El auge de los electrodos de itrio y tungsteno en la soldadura de alto rendimiento

El auge de los electrodos de itrio y tungsteno en la soldadura de alto rendimiento está estrechamente relacionado con el desarrollo de la industria aeroespacial, militar y de fabricación de alta gama. Estos campos exigen alta resistencia, precisión y confiabilidad de las uniones soldadas, y los electrodos de itrio y tungsteno son el material de elección debido a sus excelentes propiedades de arco y baja tasa de quemado.

En el sector aeroespacial, los electrodos de itrio y tungsteno se utilizan ampliamente para soldar aleaciones de titanio, aceros inoxidable y superaleaciones. Por ejemplo, la fabricación de palas de motores de aviones requiere una precisión de soldadura extremadamente alta, y la columna de arco delgada y la capacidad de fusión profunda de los electrodos de itrio y tungsteno garantizan la uniformidad y resistencia de la soldadura. En la industria militar, los electrodos de itrio y tungsteno se utilizan para soldar placas de acero blindado y proyectiles de misiles, y su arco estable y su baja tasa de quemado pueden cumplir con los requisitos de alta confiabilidad de estructuras complejas. Además, en la industria nuclear y la fabricación de equipos de energía, los electrodos de itrio y tungsteno se utilizan para soldar componentes críticos, como recipientes a presión de reactores, debido a su resistencia a la corrosión y estabilidad a altas temperaturas.

El aumento de los electrodos de itrio y tungsteno también se debe a los avances en la tecnología de soldadura TIG. Los soldadores TIG modernos ofrecen un control preciso de la corriente y capacidades de arco de alta frecuencia, que coinciden estrechamente con las características de los electrodos de itrio y tungsteno. Además, la popularidad de la soldadura automatizada y robótica impulsa aún más la demanda de electrodos de itrio y tungsteno, ya que su alta estabilidad y larga vida útil reducen significativamente los costos de producción.

1.2 Posicionamiento en el mercado de los electrodos de itrio y tungsteno

1.2.1 Análisis comparativo con otros electrodos de tungsteno de tierras raras

Como un tipo de electrodo de tungsteno de tierras raras, el electrodo de tungsteno de itrio tiene diferencias significativas en el rendimiento y la aplicación del electrodo de tungsteno de torio (WT20), el electrodo de tungsteno de lantano (WL20) y el electrodo de tungsteno de cerio (WC20). Aquí hay un análisis comparativo de varios electrodos:

Electrodo de tungsteno de torio (WT20)

Composición química: Dopado con óxido de torio (ThO_2) al 2%, recubrimiento rojo.

Ventajas: Fuerte capacidad de emisión de electrones, excelente rendimiento de arco, adecuado para soldadura de alta corriente.

Desventajas: El óxido de torio es radiactivo y puede causar daños a la salud y al medio ambiente con el uso a largo plazo, lo que requiere un almacenamiento especial y equipo de protección.

Aplicación: Se utiliza principalmente para soldadura de CC, adecuado para acero al carbono y acero

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

inoxidable, pero uso limitado debido a problemas ambientales.

Electrodo de tungsteno lantano (WL20)

Composición química: dopado con óxido de lantano al 1,5% ~ 2% (La_2O_3), cabezal de recubrimiento azul.

Ventajas: Sin radiactividad, buen rendimiento de iniciación del arco, alta estabilidad del arco, adecuado para soldadura de CA y CC.

Desventajas: La tasa de quemado es ligeramente superior a la del electrodo de itrio y tungsteno a alta corriente y la durabilidad es ligeramente menor.

Aplicación: Ampliamente utilizado en soldadura de CA de aleación de aluminio y aleación de magnesio, adecuado para soldadura automatizada.

Electrodo de tungsteno de cerio (WC20)

Composición química: Dopado con óxido de cerio (CeO_2) al 2%, recubrimiento gris.

Ventajas: Sin radiactividad, excelente rendimiento de arco a baja corriente, adecuado para soldadura de placas delgadas.

Desventajas: La estabilidad del arco es pobre a alta corriente y la resistencia a altas temperaturas no es tan buena como la del electrodo de itrio y tungsteno.

Aplicaciones: Adecuado para soldadura de precisión de baja potencia, como componentes electrónicos y tubos de paredes delgadas.

Electrodo de itrio y tungsteno (WY20)

Composición química: dopado con óxido de itrio al 2% (Y_2O_3), punta de recubrimiento azul.

Ventajas: no radiactivo, arco rápido, arco estable, baja tasa de quemado, adecuado para soldadura de fusión profunda de media y alta corriente.

Desventajas: coste de producción ligeramente superior y procesamiento más difícil.

Aplicación: Ampliamente utilizado en las industrias aeroespacial y militar, adecuado para acero al carbono, acero inoxidable, cobre, aluminio y otros materiales.

Desde la perspectiva de la comparación del rendimiento, los electrodos de tungsteno de itrio son mejores que otros electrodos de tungsteno de tierras raras en términos de rendimiento integral, especialmente en escenarios de soldadura de fusión profunda de alta corriente. Su naturaleza no radiactiva lo convierte en una alternativa ideal a los electrodos de tungsteno de torio, que tienen ventajas en términos de durabilidad a altas temperaturas y estabilidad del arco en comparación con los electrodos de tungsteno de lantano y tungsteno de cerio.

1.2.2 Estado del mercado mundial y perspectivas de los electrodos de itrio y tungsteno

El mercado mundial de electrodos de tungsteno está dominado por China porque las reservas de recursos de tungsteno de China representan más del 70% de los recursos mundiales y la producción anual representa más del 80% de la producción mundial. Las empresas chinas ocupan una posición de liderazgo en la investigación y el desarrollo y la producción de electrodos de itrio y tungsteno. Además, Estados Unidos, Europa y Japón también tienen una influencia significativa en el mercado de electrodos de tungsteno, especialmente en aplicaciones de alta gama.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Según la investigación de mercado, el tamaño del mercado mundial de electrodos de tungsteno fue de aproximadamente US \$ 500 millones en 2020 y se espera que crezca a una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) de alrededor del 4,5 % para 2030. La industria aeroespacial, militar y la fabricación de equipos de nueva energía son los principales impulsores del crecimiento. Por ejemplo, el rápido crecimiento del mercado aeroespacial mundial, que se espera que alcance los USD 1,2 billones para 2030, está impulsando directamente la demanda de materiales de soldadura de alto rendimiento.

En términos de mercados regionales, Asia Pacífico (especialmente China e India) es el mayor mercado de consumo de electrodos de tungsteno de itrio, representando más del 50% del mercado mundial. Los mercados norteamericano y europeo se centran en aplicaciones de alta gama, centrándose en la precisión y fiabilidad de los electrodos. En el futuro, con el endurecimiento de las regulaciones ambientales y la eliminación gradual de los electrodos de tungsteno de torio, se espera que la demanda del mercado de electrodos de tungsteno de itrio crezca aún más. Además, el auge de tecnologías emergentes como la fabricación aditiva (impresión 3D) y la soldadura compuesta láser-TIG también ha abierto nuevos escenarios de aplicación para los electrodos de itrio y tungsteno.

Sin embargo, el mercado de electrodos de itrio y tungsteno también enfrenta desafíos. Los altos costos de producción y los precios fluctuantes de las materias primas son las principales restricciones. Además, algunos países en desarrollo todavía prefieren usar electrodos de tungsteno de torio con costos más bajos, lo que puede inhibir la popularidad de los electrodos de tungsteno de itrio a corto plazo. A largo plazo, con la mejora de la conciencia ambiental y la optimización de los procesos de producción, se espera que los electrodos de itrio y tungsteno ocupen una mayor participación de mercado a nivel mundial.

1.2.3 Ventajas únicas de los electrodos de itrio y tungsteno

Las ventajas únicas de los electrodos de itrio y tungsteno se reflejan en los siguientes aspectos:

Excelente rendimiento del arco: la columna de arco del electrodo de tungsteno de itrio es delgada y altamente comprimida, lo que la hace adecuada para soldadura de penetración profunda a corrientes medias a altas. El voltaje de arranque del arco es bajo (alrededor de 10 ~ 15 V), el arco se enciende rápidamente y la estabilidad es alta, lo que lo hace adecuado para soldadura de alta precisión.

Baja tasa de quemado: el dopaje del óxido de itrio aumenta la temperatura de recristalización, por lo que el electrodo no es fácil de deformar o quemar a altas temperaturas, y la vida útil es aproximadamente un 30% ~ 50% más larga que la de los electrodos de tungsteno puro.

Respetuoso con el medio ambiente y no radiactivo: en comparación con los electrodos de tungsteno de torio, los electrodos de tungsteno de itrio no contienen sustancias radiactivas, lo que cumple con los estándares modernos de protección ambiental y seguridad, lo que reduce los riesgos para la salud de los operadores.

Amplia adaptabilidad de materiales: Los electrodos de itrio y tungsteno son adecuados para soldar varios metales como acero al carbono, acero inoxidable, cobre, aluminio y aleaciones de titanio, lo

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

que los hace adecuados para una variedad de escenarios de soldadura, desde placas delgadas hasta gruesas.

Alta confiabilidad: En las industrias aeroespacial y militar, los electrodos de tungsteno de itrio garantizan una alta resistencia y consistencia en las soldaduras, cumpliendo con los exigentes requisitos de calidad.

Estas ventajas hacen que los electrodos de itrio y tungsteno sean insustituibles en el campo de la soldadura de alta gama, especialmente en escenarios con altos requisitos de calidad de soldadura y protección del medio ambiente.



Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

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

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

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

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

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

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

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

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

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

6. Procurement Information

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

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2024V
sales@chinatungsten.com

Capítulo 2 Clasificación de electrodos de itrio y tungsteno

Como electrodo no consumible de alto rendimiento, el electrodo de tungsteno de itrio se usa ampliamente en la soldadura por arco de tungsteno argón (TIG), la soldadura por arco de plasma y otras aplicaciones de alta precisión debido a su excelente estabilidad del arco, baja tasa de quemado y propiedades no radiactivas. Para satisfacer las necesidades de diferentes procesos, materiales y entornos, los electrodos de itrio y tungsteno se clasifican según el contenido de óxido de itrio, el proceso de soldadura, las especificaciones morfológicas, el entorno de aplicación y las especificaciones estándar. Este capítulo analiza estos métodos de clasificación en detalle, analizando el rendimiento, los usos y las tendencias de desarrollo de varios tipos de electrodos.

2.1 Clasificación según el contenido de óxido de itrio

El contenido de óxido de itrio (Y_2O_3) es el factor clave que influye en el rendimiento del electrodo de tungsteno de itrio, que determina directamente el trabajo de escape de electrones, la estabilidad del arco y la resistencia a altas temperaturas del electrodo. De acuerdo con el diferente contenido de óxido de itrio, los electrodos de tungsteno de itrio se pueden dividir en electrodos de contenido estándar (como WY20) y electrodos de contenido personalizado.

2.1.1 Rendimiento y uso del electrodo de óxido de itrio al 2% (WY20).

Características de rendimiento: El electrodo WY20 es el tipo más común de electrodo de itrio y tungsteno en la actualidad, con un contenido de óxido de itrio del 1,8% ~ 2,2% (fracción de masa), que cumple con la norma internacional ISO 6848 y la norma nacional GB / T 4192.

Las características clave incluyen:

Trabajo de escape de electrones: 2.5 ~ 2.7 eV, más bajo que el electrodo de tungsteno puro (4.5 eV), por lo que el voltaje de arco es bajo (10 ~ 15 V) y el tiempo de arco es < 0.1 segundos.

Estabilidad del arco: tasa de deriva del arco < 5%, adecuada para soldadura de polaridad positiva de CC (DCEN) y corriente alterna (CA), con un rango de corriente de 50 ~ 300 A.

Tasa de quemado: En condiciones de 200 A CC, la tasa de quemado < de 0,2 mg / min, que es más baja que la del electrodo de tungsteno de torio (0,3 ~ 0,5 mg / min).

Propiedades mecánicas: dureza Vickers (HV) 400 ~ 450, resistencia a la tracción > 1000 MPa, adecuada para entornos de soldadura a alta temperatura (temperatura del arco 6000~7000 °C).

Protección del medio ambiente: electrodo de tungsteno no radiactivo, mejor que el torio (que contiene ThO_2 , emite rayos α), de acuerdo con las normas de seguridad de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

Proceso de fabricación: el electrodo WY20 se prepara mediante un proceso de pulvimetalurgia, la pureza del polvo de tungsteno $\geq 99,95\%$, el tamaño de partícula de óxido de itrio es de 12 μm . El proceso de dopaje utiliza dopaje por pulverización o molienda de bolas de alta energía para garantizar una distribución uniforme del óxido de itrio (desviación $\leq \pm 0,1\%$). La sinterización se lleva a cabo en horno de vacío o atmósfera de hidrógeno a una temperatura de 2000 ~ 2400 °C y una densidad de más del 98%.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Usos principales:

Aeroespacial: Soldadura de aleaciones de titanio (como Ti-6Al-4V) y aleaciones a base de níquel (como Inconel 718) para álabes de turbinas, cámaras de combustión de motores y estructuras de fuselaje. La baja tasa de quemado y el arco estable del WY20 garantizan una resistencia de soldadura de > 900 MPa, cumpliendo con los estándares de aviación.

Industria energética: soldadura de recipientes a presión de acero inoxidable para equipos de energía nuclear y piezas de aleación a base de níquel para turbinas de gas, con una corriente de $150 \sim 250$ A y sin poros ni grietas en las soldaduras.

Fabricación de automóviles: cuerpos soldados de acero inoxidable y aleación de aluminio con una corriente de $50 \sim 150$ A y adecuados para soldar placas delgadas (< 2 mm) con una pequeña zona afectada por el calor ($< 0,5$ mm).

Industria de la construcción naval: soldadura de placas de acero de alta resistencia, corriente $200 \sim 300$ A, fuerte capacidad de penetración profunda, alta tenacidad de soldadura.

Ventajas y limitaciones: El electrodo WY20 funciona bien y es rentable en escenarios de soldadura de corriente media y de uso general, pero para corrientes ultra altas (> 400 A) o microsoldadura (juntas de soldadura $< 0,5$ mm), es posible que sea necesario ajustar el contenido de óxido de itrio o el diseño de la punta.

2.1.2 Desarrollo de electrodos de contenido de óxido de itrio personalizados

Antecedentes y requisitos: Con la diversificación de los procesos de soldadura (por ejemplo, soldadura por arco de plasma de ultra alta corriente, microsoldadura), es posible que los electrodos WY20 estándar no satisfagan necesidades específicas. Los electrodos de contenido de óxido de itrio personalizados (como WY10 y WY30) optimizan el rendimiento ajustando la relación Y_2O_3 ($0,5\% \sim 3,5\%$) para cumplir con escenarios de aplicación especiales.

Dirección de desarrollo:

Electrodo de óxido de itrio bajo (WY10, Y_2O_3 $0,8\% \sim 1,2\%$):

Rendimiento: potencia de escape electrónica $2,7 \sim 2,9$ eV, adecuada para soldadura de baja corriente (< 50 A), aproximadamente un $10\% \sim 15\%$ menos de costo. La estabilidad del arco es ligeramente inferior a la de WY20 (tasa de deriva $< 7\%$), pero el rendimiento del arco es bueno.

Usos: Microsoldadura (por ejemplo, embalaje de virutas, dispositivos médicos), soldadura de chapa fina de acero inoxidable (< 1 mm).

Fabricación: Se utiliza un proceso de pulverización de bajo dopaje para reducir la cantidad de óxido de itrio, y la temperatura de sinterización es de $1800 \sim 2200$ °C.

Electrodo de óxido de itrio con alto contenido (WY30, Y_2O_3 $2,5\% \sim 3,5\%$):

Rendimiento: potencia de escape de electrones $2,4 \sim 2,6$ eV, tasa de combustión $< 0,1$ mg / min, temperatura de recristalización > 2100 °C. Adecuado para entornos de corriente ultra alta (> 400 A) y alta temperatura.

Aplicaciones: soldadura por arco de plasma, pulverización y soldadura por fusión profunda en la industria nuclear y aeroespacial.

Fabricación: Se utilizan óxido de itrio a nanoescala (tamaño de partícula $10 \sim 50$ nm) y sinterización

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

por plasma de descarga (SPS), con un tamaño de grano de $< 5 \mu\text{m}$ y una densidad $> 99\%$.

Electrodos dopados compuestos: combinar óxido de itrio con óxido de lantano (La_2O_3) u óxido de cerio (CeO_2), como Y-La-W (Y_2O_3 1,5%+ La_2O_3 0,5%). Este tipo de electrodo combina un bajo trabajo de escape y una alta resistencia al calor, con una tasa de deriva del arco del $< 3\%$ y una vida útil del 20% ~ 30% más larga.

Desafíos y perspectivas:

Desafío: El alto contenido de óxido de itrio aumenta los costos de producción (alrededor del 15% ~ 20%), y la tecnología de nanodopaje requiere equipos más sofisticados (como molinos de bolas de alta energía, hornos SPS).

Perspectiva: Los electrodos personalizados pueden satisfacer las necesidades de los mercados de alta gama (como los semiconductores y las industrias nucleares), y se espera que la cuota de mercado aumente al 15% ~ 20% para 2030.

2.2 Clasificación según proceso de soldadura

Los electrodos de tungsteno de itrio se dividen en electrodos especiales de soldadura TIG, electrodos de proceso especiales y especiales de corte por arco de plasma de acuerdo con diferentes procesos de soldadura, y cada tipo de electrodo está optimizado para procesos específicos.

2.2.1 Electrodo de itrio y tungsteno para soldadura TIG

Características: La soldadura TIG (soldadura por arco de argón) es el principal campo de aplicación del electrodo de itrio y tungsteno, con una temperatura de arco de $6000 \sim 7000^\circ\text{C}$ y una corriente de $50 \sim 300 \text{ A}$. Se prefiere el electrodo WY20 debido a su bajo trabajo de escape y estabilidad del arco, con un ángulo de punta de $30^\circ \sim 45^\circ$ y un diámetro de $1,6 \sim 3,2 \text{ mm}$.

Requisitos de rendimiento:

El voltaje de arco es $< 15 \text{ V}$ y el tiempo de arco es $< 0,1$ segundos.

La tasa de deriva del arco es del $< 5\%$, lo que lo hace adecuado para soldadura DCEN y AC.

La tasa de agotamiento $< 0,2 \text{ mg/min}$ y la vida útil es de $100 \sim 150$ horas.

Uso:

Soldadura de acero inoxidable: tubo de escape de automóvil, recipiente a presión, corriente $50 \sim 150 \text{ A}$, costura de soldadura lisa, zona afectada por el calor $< 0,5 \text{ mm}$.

Soldadura de aleación de titanio: piezas estructurales aeroespaciales, corriente $100 \sim 200 \text{ A}$, se requiere protección de argón (caudal 1015 L/min).

Soldadura de aleación de aluminio: soldadura de CA, corriente $50 \sim 200 \text{ A}$, frecuencia $50 \sim 150 \text{ Hz}$, adecuada para piezas de carrocería y barcos.

Diseño optimizado:

La punta se muele a $30^\circ \sim 45^\circ$ para garantizar que el arco esté concentrado.

Pulido electroquímico de la superficie ($R_a < 0,4 \mu\text{m}$) para reducir la deriva del arco.

Combinado con la máquina de soldadura inteligente, la frecuencia de pulso ($1 \sim 10 \text{ Hz}$) se ajusta automáticamente para mejorar la calidad de la soldadura.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

2.2.2 Electrodo para soldadura y corte por arco de plasma

Características: La soldadura por arco de plasma (PAW) y el corte utilizan un arco de alta densidad de energía (temperatura $> 20000^{\circ}\text{C}$), corriente $100 \sim 500\text{ A}$, lo que requiere que el electrodo tenga una alta capacidad de carga de corriente y resistencia a altas temperaturas. El diámetro del electrodo WY20 o WY30 es de $2,4 \sim 4,8\text{ mm}$ y el ángulo de la punta es de $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$.

Requisitos de rendimiento:

Estabilidad del arco (tasa de deriva $< 3\%$) y admite soldadura de penetración profunda (profundidad de penetración $10 \sim 15\text{ mm}$).

La tasa de agotamiento $< 0,15\text{ mg/min}$ y la vida útil es de $50 \sim 100$ horas.

Alta temperatura de recristalización ($> 2000^{\circ}\text{C}$), resistente al choque térmico.

Uso:

Soldadura por arco de plasma: recipiente a presión de acero inoxidable para equipos de energía nuclear, corriente $200 \sim 400\text{ A}$, soldadura sin porosidad.

Corte por plasma: acero al carbono, placa de acero inoxidable (espesor $20 \sim 100\text{ mm}$), corriente $300 \sim 1000\text{ A}$, ancho de corte $< 2\text{ mm}$.

Pulverización de plasma: recubrimiento cerámico (zirconia) de álabes de turbinas de aviación, corriente $400 \sim 600\text{ A}$, fuerza de unión del recubrimiento $> 70\text{ MPa}$.

Diseño optimizado:

Utilice el electrodo WY30 para mejorar el rendimiento a altas temperaturas.

Equipado con una antorcha de soldadura refrigerada por agua para proteger el electrodo del sobrecalentamiento.

El gas protector mixto de argón y helio (relación 3:1) se utiliza para mejorar la temperatura y la estabilidad del arco.

2.2.3 Electrodo para procesos especiales (soldadura al vacío, microsoldadura).

Características: La soldadura al vacío y la microsoldadura requieren electrodos con baja volatilidad, alta precisión y bajo aporte de calor. Los electrodos WY20 ($0,5 \sim 1,6\text{ mm}$ de diámetro) o los electrodos en miniatura personalizados ($0,3 \sim 0,8\text{ mm}$ de diámetro) son las principales opciones.

Requisitos de rendimiento:

Baja tasa de liberación de gas ($< 10^{-6}\text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$), adecuada para entornos de vacío ($10^{-3} \sim 10^{-5}\text{ Pa}$).

El diámetro del arco $< 0,5\text{ mm}$, adecuado para microsoldadura.

La velocidad de combustión es de $< 0,1\text{ mg/min}$ y el radio de la punta es de $< 0,1\text{ mm}$.

Uso:

Soldadura al vacío: tuberías de equipos semiconductores, carcasas de aleación de titanio de naves espaciales, corriente $10 \sim 50\text{ A}$, grado de vacío 10^{-4} Pa .

Micro soldadura: embalaje de chips, dispositivos médicos (como herramientas quirúrgicas), corriente $5 \sim 20\text{ A}$, diámetro de la junta de soldadura $< 0,2\text{ mm}$.

Fabricación aditiva de alta precisión: el arco de plasma repara piezas aeroespaciales, corriente $20 \sim$

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

50 A, precisión de apilamiento $\pm 0,05$ mm.

Diseño optimizado:

Desarrolló un electrodo en forma de aguja en miniatura (radio de punta $<0,05$ mm), logrado mediante micromecanizado láser.

Utilice helio de alta pureza (caudal $8 \sim 12$ L / min) para reducir la difusión del arco.

Combinado con un dispositivo de arco de alta frecuencia (frecuencia $10 \sim 20$ kHz), garantiza un encendido rápido.

2.3 Clasificación según forma y especificación

La morfología y las especificaciones de los electrodos de itrio y tungsteno se dividen en varillas estándar, microagujas y electrodos personalizados no estándar según las necesidades de la aplicación, cumpliendo con diferentes requisitos de precisión y proceso de soldadura.

2.3.1 Electrodo de varilla estándar (especificaciones de diámetro y longitud)

Características: El electrodo de varilla estándar es la forma principal de electrodo de itrio y tungsteno, con un diámetro de $0,5 \sim 6,4$ mm y una longitud de $50 \sim 175$ mm, que cumple con las normas ISO 6848 y GB / T 4192. Las tolerancias son $\pm 0,05$ mm de diámetro, ± 1 mm de longitud y la rugosidad de la superficie es de $Ra < 0,4 \mu\text{m}$.

Especificaciones y aplicaciones:

Diámetro $0.5 \sim 1.6$ mm: Micro soldadura y soldadura de placa delgada, corriente $10 \sim 100$ A, adecuada para embalaje de chips y dispositivos médicos.

Diámetro $1.6 \sim 3.2$ mm: soldadura TIG universal, corriente $50 \sim 250$ A, adecuado para acero inoxidable, aleación de titanio y aleación de aluminio.

Diámetro $3.2 \sim 6.4$ mm: soldadura de alta corriente y corte por plasma, corriente $200 \sim 500$ A, adecuado para placas gruesas y soldadura de fusión profunda.

Longitud $50 \sim 75$ mm: soldadura manual para una fácil operación.

Longitud $150 \sim 175$ mm: soldadura automática, compatible con pistolas de soldadura largas.

Proceso de fabricación:

Se utilizan máquinas de dibujo de precisión (tolerancia $\pm 0,01$ mm) y máquinas de corte por láser (precisión de longitud $\pm 0,1$ mm).

La superficie está pulida electroquímicamente para garantizar una suavidad y sin defectos.

Ventajas: Los electrodos de varilla estándar tienen una alta eficiencia de producción, bajo costo, gran versatilidad y representan más del 70% de la cuota de mercado.

2.3.2 Electrodos de microagujas (para soldadura de ultraprecisión)

Características: Diámetro del electrodo de microaguja $0,3 \sim 1,0$ mm, radio de punta $< 0,1$ mm, diseñado para soldadura de ultraprecisión. La longitud del electrodo fue de $20 \sim 50$ mm, la tolerancia fue de $\pm 0,01$ mm y la rugosidad de la superficie fue de $Ra < 0,2 \mu\text{m}$.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Rendimiento y uso:

Rendimiento: diámetro del arco $< 0,5$ mm, zona afectada por el calor $< 0,1$ mm, adecuado para corriente de $5 \sim 50$ A.

Uso:

Paquete de chips semiconductores: soldadura de cables de cobre y oro, diámetro de la junta de soldadura $< 0,2$ mm.

Dispositivos médicos: soldadura de micro cuchillos quirúrgicos de acero inoxidable, corriente $5 \sim 20$ A.

Optoelectrónica: Suelda conectores de fibra óptica con una precisión $\pm 0,01$ mm.

Proceso de fabricación:

Utilice equipos de micromecanizado láser para procesar la punta en un ángulo de $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$.

El pulido electroquímico (voltaje $5 \sim 10$ V) se utiliza para garantizar una superficie lisa.

Está equipado con una máquina de trefilado de alta precisión (tolerancia $\pm 0,005$ mm) para producir electrodos ultrafinos.

Tendencia de desarrollo: Con el desarrollo de las industrias microelectrónica y médica, se espera que la demanda de electrodos de microagujas aumente en un $20\% \sim 30\%$, promoviendo la aplicación de procesamiento láser y tecnología de nanodopaje.

2.3.3 Electrodo personalizado no estándar (diseño y aplicación de formas especiales)

Características: Los electrodos personalizados no estándar están diseñados de acuerdo con los requisitos especiales del proceso, como electrodos curvos, electrodos cónicos o electrodos de múltiples puntas. El diámetro y la longitud se personalizan de acuerdo con los requisitos del cliente con tolerancias $\pm 0,05$ mm.

Escenarios de aplicación:

Soldadura estructural compleja: las soldaduras de formas especiales de componentes aeroespaciales requieren electrodos de flexión (radio de curvatura de $5 \sim 10$ mm).

Soldadura multipunto: la soldadura de múltiples conductores en el conjunto de la batería utiliza electrodos de múltiples puntas (espaciado de puntas de $0,5 \sim 2$ mm).

Fabricación aditiva: reparación de arco de plasma, utilizando electrodos cónicos (ángulo de punta $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$) para mejorar la precisión del apilamiento.

Proceso de fabricación:

Los electrodos de formas especiales se forman utilizando tornos CNC o tecnología de impresión 3D.

Las formas complejas se logran mediante corte por láser y mecanizado por descarga eléctrica (EDM).

Los recubrimientos superficiales, como el zirconia, mejoran la resistencia a altas temperaturas.

Ventajas y desafíos:

Ventajas: satisfacer necesidades especiales y mejorar la eficiencia de la soldadura.

Desafíos: ciclo de producción largo y alto costo (aproximadamente $20\% \sim 30\%$ más alto).

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

2.4 Clasificación por entorno de aplicación

Los electrodos de tungsteno de itrio se dividen en gases inertes, de vacío y de alta temperatura, y electrodos especiales para ambientes corrosivos de acuerdo con la temperatura, la atmósfera y las características químicas del entorno de aplicación.

2.4.1 Electrodos de soldadura en entornos de alta temperatura

Características: Los entornos de alta temperatura (como soldadura por arco de plasma, pulverización) requieren que los electrodos tengan altas temperaturas de recristalización ($>2000\text{ }^{\circ}\text{C}$) y bajas tasas de quemado ($<0,15\text{ mg/min}$). El electrodo WY30 ($\text{Y}_2\text{O}_3\text{ }2.5\% \sim 3.5\%$) es la opción principal, con un diámetro de $2.4 \sim 4.8\text{ mm}$ y un ángulo de punta de $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$.

Rendimiento y uso:

Rendimiento: resistencia al choque térmico, temperatura del arco $> 10000\text{ }^{\circ}\text{C}$, vida útil $50 \sim 100$ horas.

Uso:

Industria nuclear: barras de combustible de aleación de circonio soldadas, corriente $300 \sim 500\text{ A}$.

Aeroespacial: pulverización de palas de turbina de aleación a base de níquel, corriente $400 \sim 600\text{ A}$.

Equipos energéticos: soldadura de la cámara de combustión de la turbina de gas, temperatura $> 1200^{\circ}\text{C}$.

Diseño optimizado:

Se utilizó sinterización SPS y el tamaño de grano fue $< 5\text{ }\mu\text{m}$.

Nano-recubrimientos superficiales (por ejemplo, $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$) para mejorar la resistencia a la oxidación.

2.4.2 Electrodos ambientales de vacío y gas inerte

Características: El vacío ($10^{-3} \sim 10^{-5}\text{ Pa}$) o el entorno de gas inerte (p. ej., argón, helio) requiere una baja volatilidad de los electrodos (tasa de liberación de gas $< 10^{-6}\text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$). El electrodo WY20 ($0,5 \sim 2,4\text{ mm}$ de diámetro) es adecuado para este entorno y tiene un radio de punta $< 0,2\text{ mm}$.

Rendimiento y uso:

Rendimiento: Baja liberación de gas, estabilidad del arco (tasa de deriva $< 3\%$).

Uso:

Equipo semiconductor: soldadura al vacío de tubos de acero inoxidable, corriente $10 \sim 50\text{ A}$.

Nave espacial: carcasa de aleación de titanio soldada, grado de vacío 10^{-4} Pa .

Tratamiento térmico al vacío: electrodo de horno de alta temperatura, temperatura $> 1500\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Diseño optimizado:

Se utilizan tungsteno de alta pureza ($\geq 99,99\%$) y óxido de nanoitrio ($10 \sim 50\text{ nm}$).

Utilice helio de alta pureza (caudal $8 \sim 12\text{ L/min}$) para reducir la difusión del arco.

2.4.3 Electrodos especiales para ambientes corrosivos

Características: Los ambientes corrosivos (como la ingeniería marina, los equipos químicos)

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

requieren electrodos para resistir la oxidación y la corrosión química. El electrodo WY20 (diámetro 1,6 ~ 3,2 mm) con protección de argón (caudal 10 ~ 15 L / min) es la opción principal.

Rendimiento y uso:

Rendimiento: Formación de capas antioxidantes (volatilidad de $WO_3 < 0,05$ mg/min), rugosidad superficial $Ra < 0,2$ μm .

Uso:

Ingeniería marina: cubiertas de barcos de acero inoxidable soldadas, resistentes a la corrosión por iones de cloruro.

Equipo químico: soldadura de tubería de aleación Hastelloy, resistente al ambiente ácido.

Industria energética: Soldadura de tuberías de equipos de energía nuclear, resistencia a altas temperaturas y altas presiones.

Diseño optimizado:

Pulido o recubrimiento electroquímico de superficies (por ejemplo, TiN) para mejorar la resistencia a la corrosión.

Combinado con gas de mezcla de argón y helio (relación 4:1), se mejora el efecto de protección.

2.5 Normas y especificaciones de identificación

Las normas y especificaciones de etiquetado garantizan la consistencia de la calidad y la trazabilidad de los electrodos de itrio y tungsteno, cubriendo las normas internacionales, las normas nacionales y los requisitos de embalaje.

2.5.1 Clasificación y escalas de colores en estándares internacionales (ISO 6848, AWS A5.12).

ISO 6848:2015:

Clasificación: El electrodo de tungsteno de itrio está marcado como WY20, el contenido de Y_2O_3 es del 1,8% ~ 2,2% y el extremo está pintado de azul.

Escala de colores: El extremo azul se distingue del tungsteno de torio (rojo), tungsteno de lantano (oro) y tungsteno de cerio (gris).

Requisitos: diámetro 0.5 ~ 6.4 mm, tolerancia ± 0.05 mm; longitud 50 ~ 175 mm, tolerancia ± 1 mm; La tasa de agotamiento $< 0,2$ mg/min.

AWS A5.12:2009:

Clasificación: Etiquetado como EWY-2, contenido de Y_2O_3 1.8% ~ 2.2%, extremo azul.

Requisitos: Composición química (tungsteno $\geq 99,5\%$), estabilidad del arco (tasa de deriva $< 5\%$), rugosidad superficial $Ra < 0,4$ μm .

Certificación: Se requiere un informe de prueba de rendimiento y la certificación de una agencia de pruebas de terceros.

Aplicaciones: Los estándares internacionales son aplicables al comercio global y se utilizan ampliamente en la industria aeroespacial, nuclear y microelectrónica para garantizar un rendimiento constante de los electrodos.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

2.5.2 Clasificación e identificación en las normas nacionales (GB/T 4192).

GB/T 4192-2017:

Clasificación: WY20 (Y_2O_3 1,8% 2,2%) y WY10 (0,8% 1,2%) y otros modelos no estándar, extremo azul.

Requisitos: Pureza de tungsteno $\geq 99,5\%$, impurezas $< 0,05\%$, tensión de arranque del arco < 15 V, velocidad de quemado $< 0,2$ mg/min.

Identificación: El modelo, el tamaño, el lote de producción y la información del fabricante están marcados en la superficie del electrodo o en el embalaje.

Aplicación: Los estándares nacionales combinados con la producción real en China, admiten de manera flexible la personalización no estándar y se utilizan ampliamente en las industrias automotriz, naval y energética.

2.5.3 Requisitos de envasado y etiquetado de los electrodos de itrio y tungsteno

Requisitos de embalaje:

A prueba de humedad y golpes: Use cajas de plástico selladas o empaques al vacío para evitar que los electrodos se humedezcan o choquen.

Identificación clara: El embalaje indica el modelo (WY20), las dimensiones (diámetro, longitud), el número de lote, la fecha de producción y la información del fabricante.

Código de barras / RFID: El empaque moderno incorpora códigos de barras o etiquetas RFID para facilitar la gestión y trazabilidad del inventario.

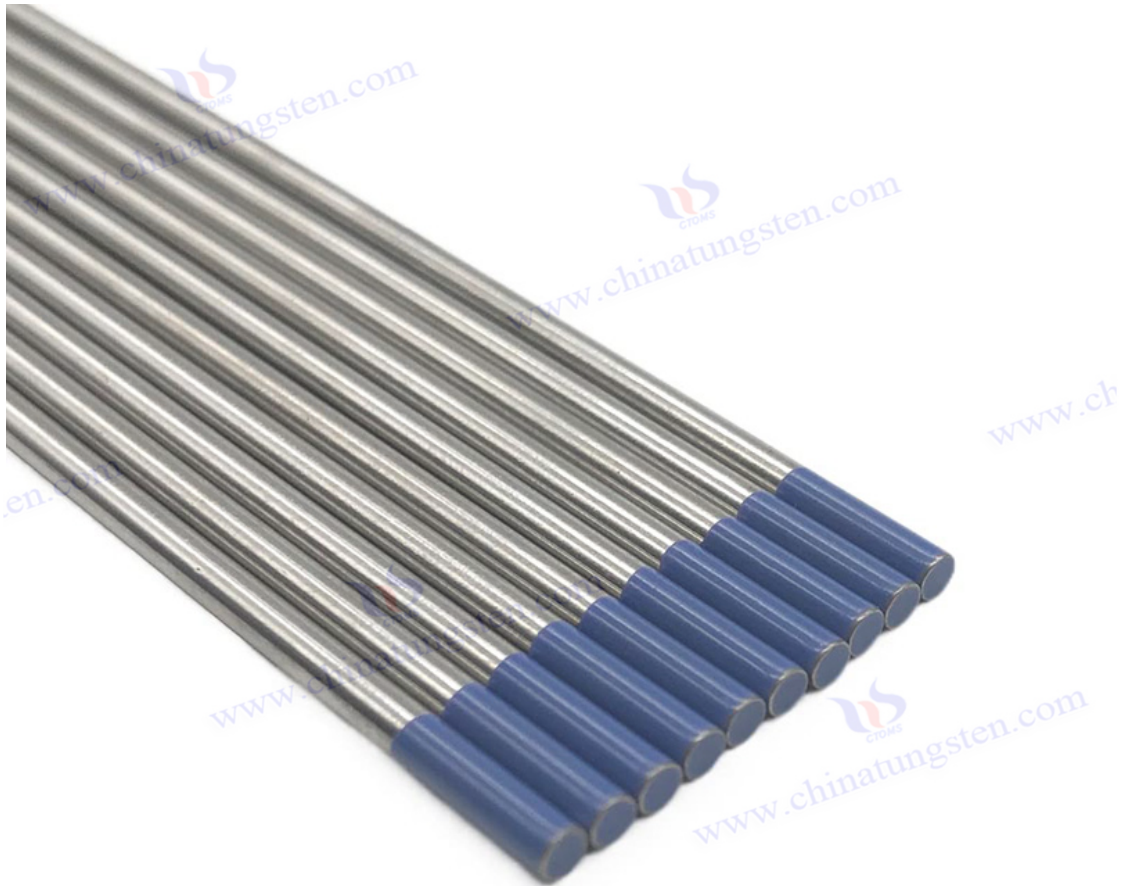
Almacenamiento y transporte:

Entorno de almacenamiento: humedad $< 60\%$, temperatura $5 \sim 30$ °C para evitar la oxidación o la contaminación.

Requisitos de envío: Utilice un embalaje a prueba de golpes para evitar que el electrodo se doble o se rompa.

Tendencia de desarrollo: En el futuro, se pueden introducir envases inteligentes (como los datos de rendimiento de enlaces de códigos QR) para mejorar la trazabilidad y la experiencia del usuario.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal



Capítulo 3 Características de rendimiento de los electrodos de itrio y tungsteno

3.1 Propiedades físicas de los electrodos de itrio y tungsteno

3.1.1 Alto punto de fusión y estabilidad a altas temperaturas de los electrodos de itrio y tungsteno

Los electrodos de itrio y tungsteno ocupan una posición importante en la industria de la soldadura con su excepcional alto punto de fusión y estabilidad a altas temperaturas. Los electrodos de itrio y tungsteno están compuestos principalmente de tungsteno de alta pureza (W, pureza de aproximadamente 98% ~ 99.5%) y óxido de itrio (Y_2O_3 , fracción de masa de aproximadamente 1.8% ~ 2.2%), y el punto de fusión del tungsteno es tan alto como 3422 ° C, que es uno de los metales con el punto de fusión más alto en la naturaleza. Esta característica permite que los electrodos de itrio y tungsteno mantengan la integridad estructural en entornos de arco de temperatura extremadamente alta (las temperaturas del arco pueden alcanzar los 6000 ~ 7000 °C) y son menos propensos a derretirse o quemarse severamente.

El dopaje del óxido de itrio mejora aún más la estabilidad a altas temperaturas del electrodo. El óxido de itrio tiene una alta estabilidad térmica y su temperatura de descomposición es mucho más alta que la temperatura de funcionamiento real durante el proceso de soldadura (aproximadamente 2500 °C o más). Al dopar el óxido de itrio, la temperatura de recristalización del electrodo de tungsteno de itrio aumenta significativamente, generalmente alcanzando más de 2000 °C, que es

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

significativamente más alta que la del electrodo de tungsteno puro 1700 °C. Esto significa que los electrodos de tungsteno de itrio pueden mantener la estabilidad de la estructura del grano durante el funcionamiento a alta temperatura a largo plazo, reduciendo el deslizamiento del límite del grano y la formación de grietas microscópicas. Esta estabilidad a altas temperaturas es particularmente importante para la soldadura de fusión profunda de alta corriente, como cuando se sueldan aleaciones de titanio o superaleaciones en el sector aeroespacial, donde el electrodo puede soportar el impacto sostenido del arco a alta temperatura sin deformación ni degradación del rendimiento.

Además, la estabilidad a altas temperaturas de los electrodos de itrio y tungsteno también se refleja en su resistencia al choque térmico. Durante el ciclo de calentamiento y enfriamiento rápidos, la superficie del electrodo no es propensa a grietas térmicas. Esta propiedad se debe a la microestructura uniforme de la matriz de tungsteno y la distribución difusa de las partículas de óxido de itrio, que desempeñan un papel en el clavado de los límites de grano a altas temperaturas, inhibiendo el crecimiento del grano y la concentración de estrés térmico.

3.1.2 Densidad, dureza y resistencia a la deformación de los electrodos de itrio y tungsteno

La densidad del electrodo de tungsteno de itrio está cerca del valor teórico del tungsteno puro, que es de aproximadamente 19,1 ~ 19,3 g / cm³, que es un material de alta densidad. Esta característica de alta densidad asegura que el electrodo tenga una alta estabilidad mecánica bajo la acción del arco, resistiendo la deformación causada por el choque del arco y la vibración mecánica. El dopaje del óxido de itrio tiene poco efecto sobre la densidad del electrodo, pero al optimizar el proceso de producción (como la sinterización a alta temperatura y la forja de múltiples pasadas), la porosidad interna del electrodo se puede reducir a menos del 1%, mejorando aún más la uniformidad de la densidad.

En términos de dureza, la dureza Vickers (HV) de los electrodos de tungsteno de itrio suele estar entre 400 ~ 450, que es ligeramente superior a la de los electrodos de tungsteno puro (alrededor de 350 ~ 400 HV). El efecto de fortalecimiento de la difusión de las partículas de óxido de itrio mejora la resistencia a la deformación del electrodo, haciéndolo menos propenso a la deformación plástica a altas temperaturas y presiones. Esta alta dureza y resistencia a la deformación son particularmente importantes en escenarios que requieren soldadura continua durante períodos prolongados, como en la soldadura de tuberías o la fabricación de recipientes a presión, donde el electrodo puede mantener la estabilidad de la forma de la punta y reducir el desplazamiento del arco causado por la deformación.

El aumento de la resistencia a la deformación también está estrechamente relacionado con el tamaño de grano del electrodo. Al controlar con precisión la temperatura de sinterización y el proceso de dopaje, los electrodos modernos de itrio y tungsteno pueden controlar el tamaño de grano en el rango de 5 ~ 10 μm, que se reduce significativamente en comparación con los 20 ~ 50 μm de los electrodos tradicionales de tungsteno puro. La estructura de grano fino no solo mejora la dureza, sino que también mejora la tenacidad del electrodo, lo que lo hace menos propenso a fracturarse bajo estrés mecánico.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

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

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

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

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

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

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

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

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

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

6. Procurement Information

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

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2024V
sales@chinatungsten.com

3.1.3 Conductividad térmica y características de expansión térmica de los electrodos de itrio y tungsteno

La conductividad térmica del electrodo de tungsteno de itrio es de aproximadamente $174 \text{ W / m} \cdot \text{K}$, que se acerca a la del tungsteno puro (aproximadamente $170 \sim 180 \text{ W / m} \cdot \text{K}$), que es mejor que otros electrodos dopados con tierras raras (como el electrodo de tungsteno de torio, alrededor de $160 \text{ W / m} \cdot \text{K}$). La alta conductividad térmica permite que el electrodo disipe rápidamente el calor bajo la acción de un arco de alta temperatura, reduciendo la temperatura de la punta y reduciendo la aparición de quemaduras y grietas térmicas. Esto es particularmente importante para la soldadura de alta potencia, donde la punta del electrodo debe soportar una entrada de calor continua.

El coeficiente de expansión térmica es otra propiedad física clave de los electrodos de itrio y tungsteno. El coeficiente de expansión térmica del tungsteno es bajo, alrededor de $4.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ($20 \sim 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$), mientras que el dopaje del óxido de itrio tiene poco efecto sobre el coeficiente de expansión térmica. Esta propiedad de baja expansión térmica garantiza que el electrodo sufra cambios dimensionales mínimos durante los ciclos de alta temperatura, evitando concentraciones de tensión o deformación de la punta causadas por la expansión térmica. En aplicaciones prácticas, el bajo coeficiente de expansión térmica permite que los electrodos de itrio y tungsteno se adapten a procesos de soldadura de calentamiento y enfriamiento rápidos, como la soldadura TIG pulsada o la soldadura por arco de plasma.

3.2 Propiedades químicas de los electrodos de itrio y tungsteno

3.2.1 Estabilidad química del óxido de itrio a altas temperaturas

El óxido de itrio (Y_2O_3), como componente dopante clave de los electrodos de itrio y tungsteno, tiene una estabilidad química extremadamente alta. Su punto de fusión es de aproximadamente $2410 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y la temperatura de descomposición es mucho más alta que la temperatura real durante el proceso de soldadura (aproximadamente $2000 \sim 2500 \text{ }^{\circ}\text{C}$). En entornos de arco a alta temperatura, el óxido de itrio permanece químicamente inerte y no reacciona significativamente con gases reactivos (por ejemplo, oxígeno, nitrógeno) o vapores metálicos en el arco. Esta estabilidad garantiza que no se formen depósitos de óxido o compuestos en la superficie del electrodo durante un uso prolongado, manteniendo así la estabilidad y pureza del arco.

La estabilidad química del óxido de itrio también se refleja en su resistencia a la reducción. En la soldadura TIG protegida con argón o helio, la superficie del electrodo puede estar expuesta a pequeñas cantidades de gases reductores (como el hidrógeno). La alta energía de enlace del óxido de itrio (energía de enlace Y-O de aproximadamente 715 kJ / mol) dificulta su reducción, manteniendo la integridad microestructural del electrodo. Esta característica es particularmente importante para la soldadura de alta precisión, donde cualquier cambio químico en la superficie del electrodo puede provocar deriva del arco o contaminación de la soldadura.

3.2.2 Resistencia a la oxidación y corrosión de los electrodos de itrio y tungsteno

La resistencia a la oxidación del electrodo de itrio y tungsteno a alta temperatura es mejor que la del electrodo de tungsteno puro. El tungsteno puro es propenso a la oxidación en aire a alta temperatura ($>1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$), formando WO_3 volátil, lo que resulta en un rápido desgaste de los electrodos. El dopaje

del óxido de itrio reduce significativamente la tasa de oxidación de la superficie del electrodo al formar una capa protectora de óxido estable. Los experimentos muestran que la tasa de oxidación y ganancia de peso del electrodo de itrio y tungsteno es solo el 50% ~ 60% de la del electrodo de tungsteno puro en el entorno de oxidación de 1000 °C.

En ambientes corrosivos (como ambientes industriales que contienen cloruros o gases ácidos), los electrodos de itrio y tungsteno exhiben una buena resistencia a la corrosión. La matriz de tungsteno en sí tiene buena resistencia a la corrosión, mientras que la inercia química del óxido de itrio mejora aún más la resistencia del electrodo a la corrosión. Por ejemplo, en la soldadura de ingeniería marina, los electrodos de itrio y tungsteno resisten la corrosión por iones de cloruro en el agua de mar, manteniendo la estabilidad del rendimiento a largo plazo.

3.2.3 Comportamiento químico de los electrodos de itrio y tungsteno en entornos especiales (vacío, gas inerte, etc.)

En entornos de vacío o gas inerte, los electrodos de itrio y tungsteno exhiben un comportamiento químico particularmente excelente. En la soldadura al vacío (como la soldadura por haz de electrones al vacío), la superficie del electrodo casi no tiene contacto con ningún gas activo, y la baja volatilidad del óxido de itrio (presión de vapor a 2000 °C < 10⁻⁵ Pa) asegura que el electrodo no libere gases impuros, manteniendo la pureza del entorno de vacío. Esta característica lo hace ideal para la fabricación de semiconductores y la soldadura de sellos de naves espaciales.

En entornos de gas inerte (por ejemplo, argón, soldadura TIG protegida con helio), la estabilidad química de los electrodos de itrio y tungsteno reduce aún más la interacción entre el electrodo y el gas de protección. Las partículas de óxido de itrio forman una capa protectora microscópica estable en la superficie del electrodo, evitando que la matriz de tungsteno reaccione con gases traza de impurezas como el oxígeno o el vapor de agua. Esta característica asegura la pureza del arco y la calidad de la soldadura, lo que es especialmente ventajoso en la soldadura de alta precisión.

3.3 Propiedades eléctricas de los electrodos de itrio y tungsteno

3.3.1 Trabajo de escape de electrones y característica de arco del electrodo de itrio y tungsteno

El trabajo de escape de electrones del electrodo de tungsteno de itrio es el índice central de su rendimiento eléctrico. El trabajo de escape de electrones del tungsteno puro es de aproximadamente 4,5 eV, mientras que el dopaje del óxido de itrio lo reduce a 2,5 ~ 2,7 eV. Este trabajo de bajo escape mejora significativamente la capacidad de emisión termoiónica del electrodo, lo que permite que el electrodo encienda el arco a un voltaje más bajo (10 ~ 15 V), reduciendo el tiempo de inicio del arco y el consumo de energía.

En aplicaciones prácticas, el rendimiento de arco de los electrodos de itrio y tungsteno se caracteriza por una respuesta rápida y una baja tasa de falla de arco. Especialmente en la soldadura TIG pulsada o en los procesos de arco de alta frecuencia, el electrodo puede formar una columna de arco estable en milisegundos. Esta propiedad es particularmente importante para la soldadura de precisión, como en la microsoldadura de componentes electrónicos o dispositivos médicos, para reducir la entrada de calor y proteger el material de la pieza de trabajo.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

3.3.2 Estabilidad del arco del electrodo de itrio y tungsteno a alta densidad de corriente

La estabilidad del arco de los electrodos de itrio y tungsteno a altas densidades de corriente (50 ~ 500 A / mm²) es una de sus principales ventajas. El dopaje del óxido de itrio hace que la columna del arco sea más delgada y comprimida, la energía del arco se concentra y el baño de fusión se controla con precisión. Los experimentos muestran que la tasa de deriva del arco del electrodo de itrio y tungsteno es inferior al 5% en condiciones de alta corriente de 200 ~ 300 A, lo que mejora significativamente en comparación con el electrodo de tungsteno puro (alrededor del 10% ~ 15%).

La estabilidad mejorada del arco también está relacionada con la microestructura de la punta del electrodo. Las partículas de óxido de itrio forman un punto de emisión uniforme en la punta del electrodo, lo que reduce el salto local o la dispersión del arco. Esta característica es particularmente importante en la soldadura de fusión profunda, como en la soldadura de acero inoxidable grueso o aleación de titanio, donde un arco estable garantiza la uniformidad y resistencia de la soldadura.

3.3.3 Conductividad y capacidad de emisión termoiónica de los electrodos de itrio y tungsteno

La conductividad del electrodo de tungsteno de itrio es cercana a la del tungsteno puro, y la resistividad es de aproximadamente $5.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$, que es ligeramente mejor que el electrodo de tungsteno de torio (aproximadamente $6.0 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$). La alta conductividad garantiza que el electrodo pueda conducir la corriente de manera eficiente a altas corrientes, reduciendo la pérdida de calor de Joule y manteniendo la estabilidad de la temperatura de la punta.

La capacidad de emisión termoiónica es otra propiedad eléctrica clave de los electrodos de itrio y tungsteno. El bajo trabajo de escape y la estabilidad a altas temperaturas del óxido de itrio le permiten emitir electrones térmicos continuamente en el entorno del arco y mantener la continuidad del arco. En comparación con el electrodo de tungsteno de lantano (WL20) o el electrodo de cerio-tungsteno (WC20), el electrodo de tungsteno de itrio tiene una mayor eficiencia de emisión termoiónica a alta corriente (>200 A), lo que lo hace adecuado para soldadura de fusión profunda de alta potencia.

3.4 Propiedades mecánicas de los electrodos de itrio y tungsteno

3.4.1 Resistencia a la fluencia a alta temperatura del electrodo de itrio y tungsteno

La resistencia a la fluencia del electrodo de itrio y tungsteno a alta temperatura se debe al efecto de fortalecimiento de la difusión del óxido de itrio. En un entorno de arco de alta temperatura (alrededor de 2000 ~ 2500 °C), los electrodos de tungsteno puro son propensos a fluir, lo que provoca la deformación o rotura de la punta. Las partículas de óxido de itrio mejoran significativamente la resistencia a la fluencia del electrodo al fijar los límites del grano e inhibir el movimiento de dislocación. Los experimentos muestran que la velocidad de fluencia del electrodo de itrio y tungsteno a 2000 °C es solo el 30% ~ 40% de la del electrodo de tungsteno puro.

Esta resistencia a la fluencia permite que los electrodos de itrio y tungsteno mantengan la estabilidad de la forma durante largos períodos de soldadura de alta corriente. Por ejemplo, en la soldadura de titanio en la industria aeroespacial, donde los electrodos están sujetos a horas de funcionamiento continuo, las propiedades antideslizamiento de los electrodos de itrio y tungsteno garantizan la estabilidad a largo plazo en sus formas de punta.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

3.4.2 Resistencia al desgaste de la punta del electrodo de itrio y tungsteno

La resistencia al desgaste de la punta del electrodo es un factor crítico que afecta la calidad de la soldadura y la vida útil del electrodo. Los electrodos de itrio y tungsteno se forman con puntas afiladas (radio de punta de 0,1 ~ 0,5 mm) mediante un proceso de rectificado de precisión, y la resistencia al desgaste se mejora mediante el efecto de fortalecimiento del óxido de itrio. En la soldadura de alta corriente, la punta del electrodo está sujeta a impacto de arco y bombardeo de iones, y la dureza de las partículas de óxido de itrio (aproximadamente 910 Mohs) resiste eficazmente el desgaste y la erosión de la punta.

En comparación con los electrodos de tungsteno puro, la tasa de desgaste de la punta de los electrodos de tungsteno de itrio se reduce en aproximadamente un 20% ~ 30%, especialmente en la soldadura de corriente alterna (CA). En la soldadura de CA, la punta del electrodo se somete a un cambio rápido entre polaridad positiva y negativa, y la resistencia al desgaste del electrodo de itrio y tungsteno garantiza la estabilidad a largo plazo de la forma de la punta, reduciendo la deriva del arco y los defectos de soldadura.

3.4.3 Análisis de las características de baja pérdida por combustión y la vida útil de los electrodos de itrio y tungsteno

La baja tasa de quemado de los electrodos de itrio y tungsteno es una de sus propiedades mecánicas más significativas. La tasa de combustión generalmente se define como la tasa de pérdida de masa de un electrodo a una corriente y tiempo específicos. Los experimentos muestran que la tasa de quemado del electrodo de itrio y tungsteno es de solo 0,1 ~ 0,2 mg / min en condiciones de soldadura de 200 A DC, que es significativamente más baja que la del electrodo de tungsteno puro (0,3 ~ 0,5 mg / min).

La baja tasa de pérdida por combustión se logra gracias a los siguientes factores:

El óxido de itrio aumenta la temperatura de recristalización del electrodo y reduce el crecimiento del grano a altas temperaturas.

La alta conductividad térmica y el bajo coeficiente de expansión térmica reducen el estrés térmico en la punta y reducen las microfisuras.

La suavidad de la superficie del electrodo es alta ($Ra < 0,4 \mu m$), lo que reduce el pelado del material causado por el impacto del arco.

El análisis de vida útil muestra que la vida útil del electrodo de itrio y tungsteno en condiciones típicas de soldadura TIG puede alcanzar las 100 ~ 150 horas, que es aproximadamente un 30% ~ 50% más larga que la del electrodo de tungsteno puro (50 ~ 80 horas). En la soldadura por pulsos de alta corriente o alta frecuencia, la ventaja de la vida útil es aún más obvia.

3.5 Características de seguridad y protección del medio ambiente de los electrodos de tungsteno de itrio

3.5.1 Ventajas de la no radiactividad y la baja toxicidad de los electrodos de itrio y tungsteno

La no radiactividad de los electrodos de tungsteno de itrio es su principal ventaja sobre los electrodos

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

de tungsteno de torio (WT20). Los electrodos de tungsteno de torio presentan riesgos para la salud debido a la presencia de óxido de torio (ThO_2 , que es α radiactivo), y la exposición a largo plazo puede conducir a la exposición a la radiación. El óxido de itrio en los electrodos de tungsteno de itrio no es radiactivo y cumple con los estándares de seguridad de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Además, las propiedades de baja toxicidad de los electrodos de itrio y tungsteno hacen que tengan un impacto mínimo en la salud de los operadores durante la producción y el uso. El óxido de itrio y el tungsteno son sustancias químicamente inertes que no son propensas a la volatilización ni producen gases nocivos. Durante el proceso de soldadura, el electrodo de itrio y tungsteno no emite vapores tóxicos, lo que reduce el riesgo de exposición respiratoria y cutánea para los operadores.

3.5.2 Evaluación del impacto ambiental y la sostenibilidad de los electrodos de itrio y tungsteno

La protección ambiental de los electrodos de itrio y tungsteno se refleja en su bajo impacto ambiental durante su producción y uso. En comparación con los electrodos de tungsteno de torio, los electrodos de tungsteno de itrio no requieren instalaciones especiales de tratamiento de desechos radiactivos, lo que reduce el riesgo de contaminación ambiental. Los procesos modernos, como el dopaje por pulverización y la sinterización a alta temperatura, mejoran la sostenibilidad durante la producción al optimizar la utilización de energía y reducir las emisiones de residuos.

Desde la perspectiva del ciclo de vida, las características de larga vida útil de los electrodos de itrio y tungsteno reducen la frecuencia de reemplazo de electrodos, lo que reduce el consumo de recursos y la generación de desechos. Además, tanto el óxido de tungsteno como el de itrio se pueden reciclar, logrando una tasa de recuperación de más del 90% a través de la fusión a alta temperatura y la purificación química, lo que cumple con los requisitos de la economía circular.

3.5.3 Especificaciones de salud y seguridad en el trabajo para electrodos de itrio y tungsteno

Las especificaciones de seguridad y salud ocupacional para electrodos de tungsteno de itrio incluyen principalmente los siguientes aspectos:

Seguridad operativa: Se deben usar gafas y guantes protectores durante la soldadura para evitar daños en los ojos y la piel por la luz del arco.

Requisitos de ventilación: Aunque los electrodos de itrio y tungsteno no son tóxicos, pueden producir una pequeña cantidad de vapor metálico durante el proceso de soldadura, así que asegúrese de que el lugar de trabajo esté bien ventilado.

Almacenamiento y transporte: Los electrodos deben almacenarse en un ambiente seco y ventilado para evitar la humedad o daños mecánicos. Se requiere un embalaje a prueba de golpes durante el transporte para evitar que los electrodos se rompan.

Eliminación de desechos: Los electrodos de desecho deben clasificarse y reciclarse para evitar el descarte aleatorio.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

3.6 Electrodo de tungsteno de tungsteno de itrio de fabricación inteligente de China MSDS

Parte 1: Nombre del producto

Nombre: Electrodo de itrio y tungsteno (WY20)

Nº CAS: 7440-33-7

Parte 2: Composición/Información de composición

Composición química: tungsteno (W, 98% ~ 99,5%), óxido de itrio (Y_2O_3 , 1,8% ~ 2,2%), trazas de impurezas (<0,1%).

Estado físico: forma de varilla sólida, logotipo de revestimiento azul.

Parte 3: Descripción general del peligro

Peligros para la salud: Este producto no irrita los ojos ni la piel.

Peligro de explosión: Este producto no es inflamable ni irritante.

Parte 4: Medidas de primeros auxilios

Contacto con la piel: Quítese la ropa contaminada y enjuague con abundante agua corriente.

Contacto con los ojos: levante el párpado y enjuague con agua corriente o solución salina.

Tratamiento médico.

Inhalación: Deje la escena al aire libre. Si la respiración es difícil, administre oxígeno. Tratamiento médico.

Comer: Beba suficiente agua tibia para inducir el vómito. Tratamiento médico.

Parte 5: Medidas de protección contra incendios

Productos de combustión nocivos: se desconocen los productos de descomposición natural.

Métodos de extinción de incendios: Los bomberos deben usar máscaras antigás y trajes de extinción de incendios de cuerpo completo para extinguir el fuego en dirección contra el viento. Agente extintor de incendios: polvo seco para cuero, arena.

Parte 6: Tratamiento de emergencia de fugas

Tratamiento de emergencia: aislar el área de contaminación con fugas y restringir el acceso. Corta la fuente de fuego. Se recomienda que el personal de respuesta a emergencias use máscaras contra el polvo (máscaras faciales completas) y ropa antigas. Evite el polvo, límpielo con cuidado y transféralo a un lugar seguro en una bolsa. Si hay una gran cantidad de fugas, cúbralas con láminas de plástico o lonas. Recoger y reciclar o transportar a sitios de tratamiento de residuos para su eliminación.

Parte 7: Funcionamiento, eliminación y almacenamiento

Precauciones operativas: Los operadores deben someterse a una capacitación especial y cumplir estrictamente con los procedimientos operativos. Se recomienda que los operadores usen máscaras antipolvo con filtro autocebante, gafas protectoras de seguridad química, ropa de trabajo antipenetración tóxica y guantes de goma. Lejos del fuego y las fuentes de calor, está estrictamente prohibido fumar en el lugar de trabajo. Utilice sistemas y equipos de ventilación a prueba de explosiones. Evite el polvo. Evite el contacto con oxidantes y halógenos. Al manipularlo, debe

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

cargarse y descargarse ligeramente para evitar daños en el embalaje y los contenedores. Equipado con las variedades y cantidades correspondientes de equipos contra incendios y equipos de tratamiento de emergencia de fugas. Los envases vacíos pueden dejar sustancias nocivas.

Precauciones de almacenamiento: Almacene en un almacén fresco y ventilado. Manténgase alejado del fuego y las fuentes de calor. Debe almacenarse por separado de los oxidantes y halógenos, y no debe mezclarse. Equipado con las variedades y cantidades correspondientes de equipos contra incendios. El área de almacenamiento debe estar equipada con materiales apropiados para contener el derrame.

Parte 8: Control de contactos/Protección personal

MAC de China (mg/m³): 6

MAC ex soviético (mg/m³): 6

TLVTN: ACGIH 1 mg / m³

TLVWN: ACGIH 3 mg / m³

Método de monitoreo: Espectroluminometría de cloruro de titanio y tiocianuro de potasio

Control de ingeniería: proceso de producción libre de polvo y ventilación completa.

Protección del sistema respiratorio: Cuando la concentración de polvo en el aire excede el estándar, se debe usar una máscara antipolvo con filtro autocebante. Al evacuar en caso de emergencia, debe usar un respirador de aire.

Protección ocular: Use gafas de seguridad química.

Protección corporal: use ropa de trabajo antiveneno con penetración.

Protección de manos: use guantes de goma.

Parte 9: Propiedades físicas y químicas

Ingredientes principales: producto puro

Apariencia y propiedades: sólido, blanco brillante metálico

Punto de fusión (°C): N/A

Punto de ebullición (°C): N/A

Densidad relativa (agua = 1): 13 ~ 18.5 (20 °C)

Densidad de vapor (aire = 1): Sin datos

Presión de vapor saturado (kPa): Sin datos

Calor de combustión (kJ/mol): Sin datos

Temperatura crítica (°C): Sin datos

Presión crítica (MPa): Sin datos

Valor logarítmico del coeficiente de distribución del agua: Sin datos

Punto de inflamación (°C): Sin datos

Temperatura de ignición (°C): Sin datos

% límite de explosividad (V/V): Sin datos

Límite inferior de explosión % (V/V): Sin datos

Solubilidad: soluble en ácido nítrico y ácido fluorhídrico

Uso principal: se utiliza para fabricar piezas de blindaje, ejes de dardos de aleación de tungsteno, bolas de aleación de tungsteno, etc.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Parte 10: Estabilidad y reactividad

Ingredientes prohibidos: ácidos y álcalis fuertes.

Parte 11:

Toxicidad aguda: sin datos

LC50: Sin datos

Parte 12: Datos ecológicos

No hay datos sobre esta parte

Parte 13: Eliminación de residuos

Método de eliminación de residuos naturales: Consulte las regulaciones nacionales y locales pertinentes antes de su eliminación. Si es posible, recicle.

Parte 14: Información de envío

Número de mercancías peligrosas: Sin información

Categoría de embalaje: Z01

Precauciones de transporte: El embalaje debe estar completo y la carga debe ser segura. Durante el transporte, asegúrese de que el contenedor no tenga fugas, colapse, se caiga o se dañe. Está estrictamente prohibido mezclar y transportar con oxidantes, halógenos, productos químicos comestibles, etc. Durante el transporte, debe protegerse de la exposición al sol, la lluvia y las altas temperaturas. El vehículo debe limpiarse a fondo después del transporte.

Parte 15: Información regulatoria

Información reglamentaria: Reglamento sobre la gestión de la seguridad de las mercancías químicas peligrosas (publicado por el Consejo de Estado el 17 de febrero de 1987), Reglamento de aplicación del Reglamento sobre la gestión de la seguridad de las mercancías químicas peligrosas (Hua Lao Fa [1992] N° 677), Reglamento sobre el uso seguro de productos químicos en el lugar de trabajo ([1996] Departamento de Trabajo Fa N° 423) y otros reglamentos, que establecen las disposiciones correspondientes sobre el uso, la producción, el almacenamiento, el transporte, la carga y la descarga seguros de mercancías químicas peligrosas. La norma higiénica para el tungsteno en el aire del taller (GB 16229-1996) especifica la concentración máxima permitida y el método de detección de la sustancia en el aire del taller.

Parte 16: Información del proveedor

Proveedor: CTIA GROUP LTD

Teléfono: 0592-5129696/5129595

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal



Capítulo 4 Proceso de preparación y tecnología del electrodo de itrio y tungsteno

4.1 Preparación de materias primas para electrodos de itrio y tungsteno.

4.1.1 Cribado y preparación de polvo de tungsteno de alta pureza

La preparación del electrodo de tungsteno de itrio comienza con el cribado y la preparación del polvo de tungsteno de alta pureza, y la calidad del polvo de tungsteno afecta directamente las propiedades físicas, químicas y eléctricas del electrodo. El polvo de tungsteno se prepara típicamente a partir de paratungstato de amonio (APT) o trióxido de tungsteno (WO_3) a través de un proceso de reducción de hidrógeno. La producción de electrodos de tungsteno de itrio requiere que la pureza del polvo de tungsteno alcance más del 99,95% para garantizar la estabilidad del electrodo en el entorno de arco de alta temperatura. El contenido de impurezas (por ejemplo, hierro, níquel, carbono, etc.) debe mantenerse por debajo de 50 ppm, ya que incluso pequeñas cantidades de impurezas pueden causar el desgaste del electrodo o la deriva del arco durante el proceso de soldadura.

La distribución del tamaño de partícula del polvo de tungsteno es un parámetro clave para el cribado. El rango de tamaño de partícula ideal del polvo de tungsteno es de $1 \sim 5 \mu m$, y las partículas demasiado grandes ($>10 \mu m$) harán que el grano se vuelva grueso después de la sinterización, lo que reducirá la resistencia mecánica del electrodo. Las partículas demasiado pequeñas ($<0,5 \mu m$) pueden aumentar la dificultad de sinterización y afectar la densidad del electrodo. El moderno

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

proceso de preparación utiliza tecnología de clasificación de flujo de aire para cribar el polvo de tungsteno y, al controlar con precisión la velocidad del flujo de aire y el tamaño de la pantalla, se separa el polvo de tungsteno con un tamaño de partícula uniforme. Además, también es necesario optimizar la morfología del polvo de tungsteno y se prefieren las partículas casi esféricas, ya que las partículas esféricas tienen una mejor fluidez durante la mezcla y sinterización posteriores, lo que ayuda a mejorar la uniformidad del electrodo.

El proceso de preparación del polvo de tungsteno generalmente implica los siguientes pasos:

Reducción: APT o WO_3 se reduce dos veces en una atmósfera de hidrógeno ($600 \sim 900^\circ C$) para generar polvo de tungsteno de alta pureza.

Tamizado: Cribado del polvo de tungsteno de tamaño de partícula objetivo a través de una criba vibratoria o un equipo de clasificación de flujo de aire.

Limpieza: El decapado (ácido clorhídrico diluido o ácido nítrico) se utiliza para eliminar los óxidos e impurezas de la superficie.

Secado: Secado a baja temperatura ($<200^\circ C$) en un ambiente de vacío o gas inerte para evitar la oxidación del polvo de tungsteno.

4.1.2 Purificación y control de calidad del óxido de itrio

El óxido de itrio (Y_2O_3) es un componente dopante clave de los electrodos de itrio y tungsteno, y su pureza y calidad afectan directamente el rendimiento de emisión de electrones del electrodo y la estabilidad a altas temperaturas. El óxido de itrio generalmente se extrae de minerales de itrio, como la monacita o el fluorocerio, y se purifica por encima del 99,99% mediante procesos de extracción con solventes e intercambio iónico. Durante el proceso de purificación, el contenido de elementos de impurezas (como calcio, silicio, hierro) debe controlarse estrictamente y la impureza objetivo total debe < 100 ppm para evitar efectos negativos en el rendimiento del electrodo.

El control del tamaño de partícula del óxido de itrio también es fundamental. El tamaño ideal de las partículas de óxido de itrio es de $0,5 \sim 2 \mu m$, y las partículas demasiado grandes conducirán a un dopaje desigual y reducirán la estabilidad del arco del electrodo. Las partículas demasiado pequeñas ($<0,1 \mu m$) pueden aglomerarse durante el proceso de sinterización, afectando a la microestructura del electrodo. Los procesos modernos utilizan tecnología de secado por pulverización para preparar partículas de óxido de itrio, lo que garantiza la uniformidad y la fluidez mediante el control de la velocidad de pulverización y la temperatura de secado.

Las medidas de control de calidad incluyen:

Análisis químico: Se utilizó espectroscopia de emisión de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) para detectar el contenido de pureza e impurezas del óxido de itrio.

Análisis del tamaño de las partículas: Utilice un analizador láser del tamaño de las partículas para medir la distribución de las partículas, asegurando el cumplimiento del rango objetivo.

Examen de morfología: La morfología de las partículas de óxido de itrio se observa mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), con preferencia por partículas casi esféricas.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

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

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

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

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

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

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

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

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

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

6. Procurement Information

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

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2024V
sales@chinatungsten.com

4.1.3 Selección y optimización de aditivos auxiliares

En la preparación de electrodos de itrio y tungsteno, se utilizan aditivos auxiliares para mejorar la fluidez del polvo, las propiedades de sinterización o las propiedades mecánicas de los electrodos. Los aditivos de uso común incluyen:

Aglutinantes: como el alcohol polivinílico (PVA) o el polietilenglicol (PEG), que se utilizan para mejorar el rendimiento de moldeo de los polvos, generalmente 0.1% ~ 0.5% agregados.

Dispersantes: como el poliacrilato de amonio (PAA), que se utiliza para prevenir la aglomeración de partículas de óxido de itrio, con una cantidad de adición de aproximadamente 0,05% ~ 0,2%.

Auxiliares de sinterización: como una pequeña cantidad de óxido de lantano (La_2O_3) u óxido de cerio (CeO_2), que se utiliza para reducir la temperatura de sinterización y aumentar la densidad del electrodo, y la cantidad de adición es $< 0,1\%$.

La selección de aditivos debe considerar su volatilidad durante el proceso de sinterización a alta temperatura para evitar residuos que afecten las propiedades eléctricas del electrodo. Por ejemplo, el PVA se puede descomponer completamente a $600 \sim 800\text{ }^\circ\text{C}$ sin materia orgánica residual en el electrodo. Los experimentos para optimizar la proporción de aditivos generalmente se realizan a través de un diseño ortogonal para evaluar exhaustivamente el impacto de los aditivos en la densidad del electrodo, la dureza y el rendimiento del arco.

4.2 Proceso de pulvimetalurgia del electrodo de itrio y tungsteno

4.2.1 Tecnología de mezcla y dopaje del polvo de itrio y tungsteno

La mezcla y el dopaje del polvo de itrio y tungsteno es un paso clave en la preparación de electrodos homogéneos. El óxido de itrio debe distribuirse uniformemente en la matriz de tungsteno para garantizar la estabilidad del arco y las propiedades mecánicas del electrodo. Las técnicas de dopaje comúnmente utilizadas incluyen:

Dopaje húmedo: Se rocía una solución acuosa de óxido de itrio, típicamente nitrato de itrio, sobre polvo de tungsteno o materia prima de trióxido de tungsteno, asegurando una mezcla uniforme a través de agitación y dispersión ultrasónica. Posteriormente, el polvo compuesto de itrio de tungsteno se formó mediante secado por pulverización y el tamaño de partícula se controló a $2 \sim 5\text{ }\mu\text{m}$.

Dopaje seco: el polvo de óxido de itrio se mezcla directamente con polvo de tungsteno y la aleación mecánica se lleva a cabo utilizando un equipo de molienda de bolas de alta energía. Durante el proceso de molienda de bolas, la velocidad ($200 \sim 400\text{ rpm}$) y el tiempo (48 horas) deben controlarse para evitar partículas demasiado finas o contaminación.

Dopaje por pulverización de plasma: La tecnología de pulverización por plasma se utiliza para rociar partículas de óxido de itrio sobre la superficie del polvo de tungsteno para formar una estructura de recubrimiento. Este método es adecuado para la preparación de electrodos con alto contenido de óxido de itrio ($>2,5\%$).

La uniformidad de la distribución del óxido de itrio debe controlarse estrictamente durante el proceso de dopaje. Los procesos modernos analizan la distribución elemental de los polvos dopados mediante espectroscopia de fluorescencia de rayos X (XRF) o espectroscopia de dispersión de

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

energía (EDS), asegurando que la desviación de la fracción de masa del óxido de itrio $\leq \pm 0,1\%$.

4.2.2 Proceso de conformado a alta presión y prensado isostático

Después de mezclar el polvo de itrio y tungsteno, debe convertirse en piezas en bruto de electrodos mediante moldeo a alta presión. Los métodos comunes de conformado a alta presión incluyen:

Moldeo por compresión: el polvo dopado se carga en el molde y se presiona en tiras en blanco bajo una presión de 50 ~ 100 MPa. El moldeo por compresión es adecuado para la producción de bajo volumen, pero la distribución de la densidad interna de la pieza en bruto puede ser desigual.

Prensado isostático en frío (CIP): El polvo se carga en un molde flexible y se aplica una presión uniforme de 200 ~ 300 MPa en el medio líquido. El proceso CIP puede aumentar significativamente la densidad de la palanquilla (hasta un 60% ~ 70% de la densidad teórica) y reducir la porosidad interna, lo que lo hace adecuado para la producción de electrodos de alto rendimiento.

La ventaja del proceso de prensado isostático es que la presión es uniforme, lo que evita la concentración de tensiones en la barra de palanquilla. Los parámetros del proceso (como la presión, el tiempo de retención) deben optimizarse de acuerdo con el tamaño de partícula de polvo y la proporción de aditivos, por lo general, el tiempo de retención es de 30 ~ 60 segundos para garantizar la estabilidad de la forma y la resistencia de la palanquilla.

4.2.3 Sinterización a alta temperatura y control de la atmósfera (hidrógeno, sinterización al vacío)

La sinterización a alta temperatura es un paso fundamental en la preparación de electrodos de itrio y tungsteno, con el objetivo de mejorar la densidad y las propiedades mecánicas de los electrodos. La sinterización se realiza típicamente en una atmósfera de hidrógeno o vacío, y los parámetros del proceso incluyen:

Sinterización de hidrógeno: Realizado en una atmósfera de hidrógeno de 1800 ~ 2200 °C, el hidrógeno previene la oxidación del polvo de tungsteno al tiempo que promueve la distribución uniforme de las partículas de óxido de itrio. El tiempo de sinterización es de 24 horas y la velocidad de calentamiento se controla a 5 ~ 10 °C / min para evitar el rápido crecimiento de los granos.

Sinterización al vacío: Realizada en un entorno de vacío de 10^{-3} ~ 10^{-5} Pa, la temperatura de sinterización es de 2000~2400°C. La sinterización al vacío puede reducir la adsorción de impurezas de gas y es adecuada para la preparación de electrodos de alta pureza.

Durante el proceso de sinterización, la pureza de la atmósfera (contenido de oxígeno < 10 ppm) debe controlarse estrictamente para evitar la oxidación o la formación de volátiles WO_3 en la superficie del electrodo. La densidad del electrodo después de la sinterización puede alcanzar más del 98% de la densidad teórica, y el tamaño de grano se controla a 5 ~ 10 μm para garantizar la resistencia mecánica y la estabilidad del arco del electrodo.

4.3 Procesamiento y acabado de electrodos de itrio y tungsteno

El procesamiento y el acabado de los electrodos de itrio y tungsteno son los pasos clave para

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

convertir las piezas en bruto sinterizadas en varillas de electrodos que cumplen con las especificaciones estándar (ISO 6848, GB / T 4192), que involucran procesos como calandrado en caliente, dibujo de precisión, pulido de superficies, formación de puntas y corte personalizado. Estos procesos afectan directamente la precisión dimensional, la calidad de la superficie y el rendimiento del arco de los electrodos.

4.3.1 Calandrado en caliente y embutición de precisión

Proceso de calandrado en caliente: El calandrado en caliente es el proceso central de procesamiento de tiras de palanquilla de itrio y tungsteno sinterizado (diámetro 10 ~ 20 mm, longitud 100 ~ 300 mm) en barras de diámetro más pequeño (3 ~ 5 mm). El calandrado en caliente se lleva a cabo en un entorno de alta temperatura para reducir los requisitos de dureza y ductilidad del tungsteno, lo que garantiza una deformación uniforme y sin grietas en la pieza en bruto.

Parámetros del proceso:

Temperatura: 1400 ~ 1600 °C, más baja que la temperatura de recristalización del tungsteno (>2000 °C) para evitar granos excesivos.

Pases rodantes: 5 ~ 10 pases, el diámetro de cada pase se reduce en 0,51 mm y la deformación acumulada es del 70% ~ 80%.

Material del rollo: aleación de tungsteno-molibdeno o compuesto cerámico, resistente a altas temperaturas (> 1500 °C) y resistente al desgaste.

Atmósfera protectora: gas argón o nitrógeno (caudal 10 ~ 15 L / min, contenido de oxígeno < 10 ppm) para evitar la oxidación de la superficie de tungsteno para formar volátiles WO₃.

Velocidad de calentamiento: 5 ~ 10 °C / min para evitar microgrietas causadas por estrés térmico.

Equipo:

Calandras calientes de alta temperatura: Equipadas con termómetros infrarrojos (precisión ±2°C) y sistemas de control de atmósfera para garantizar el control de la temperatura y la oxidación.

Molino de varios rodillos: diseño de cuatro o seis rodillos, fuerza de laminación de 100 ~ 200 kN, precisión ± 0,1 mm.

Requisitos de calidad:

Rugosidad superficial Ra<1.0 μm, sin rasguños visibles ni capas de óxido.

Tolerancia de diámetro ±0,1 mm, desviación de redondez <0,05 mm.

Desafíos y optimizaciones:

Desafío: La fragilidad del tungsteno a altas temperaturas puede provocar grietas, lo que requiere un control preciso de la temperatura y la tasa de deformación.

Optimización: se adopta un laminado progresivo de varias etapas, la cantidad de deformación es < del 15% por pasada y las grietas internas se monitorean mediante un detector ultrasónico en línea (frecuencia 5 ~ 10 MHz).

Proceso de dibujo de precisión: El dibujo de precisión procesa aún más la barra calandrada en caliente al diámetro objetivo (0,5 ~ 4,8 mm) para satisfacer las necesidades de soldadura de alta

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

precisión (por ejemplo, microsoldadura, aeroespacial). El proceso de estirado garantiza que la superficie del electrodo sea lisa, dimensionalmente precisa y libre de tensiones internas.

Parámetros del proceso:

Molde de dibujo: molde de diamante (precisión del diámetro del orificio $\pm 0,01$ mm), resistente al desgaste y superficie lisa.

Velocidad de tracción: $0.5 \sim 2$ m / min, una velocidad demasiado alta puede causar rasguños en la superficie, una velocidad demasiado baja reducirá la eficiencia.

Lubricante: emulsión de grafito (viscosidad $0,1 \sim 0,3$ Pa·s) o lubricante a base de molibdeno (MoS_2) para reducir el coeficiente de fricción ($<0,1$).

Pases de dibujo: $10 \sim 15$ pases, el diámetro de cada paso se reduce en $0,1 \sim 0,3$ mm y la deformación acumulada es $>$ del 90%.

Control de tensión: la fuerza de tracción ($10 \sim 50$ kN) está controlada por un servomotor para garantizar la consistencia dimensional.

Equipo:

Máquina de trefilado de precisión: Equipada con sensor de tensión (precisión $\pm 0,1$ kN) y medidor de diámetro láser (precisión $\pm 0,005$ mm).

Sistema de lubricación: pulverización automática de lubricante, caudal de $0,1 \sim 0,5$ L / min para evitar el sobrecalentamiento del molde.

Requisitos de calidad:

Tolerancia de diámetro $\pm 0,05$ mm, rugosidad superficial $R_a < 0,4$ μm .

Sin arañazos superficiales, grietas o tensiones residuales, y la tasa de defectos internos $<$ del 0,5%.

Desafíos y optimizaciones:

Desafío: Desviaciones dimensionales causadas por el desgaste de los moldes de diamante, que debían reemplazarse regularmente (dibujados cada 100.000 metros).

Optimización: Presentamos un medidor de diámetro láser en línea y una tomografía de rayos X (XCT, resolución < 1 μm) para monitorear defectos dimensionales e internos en tiempo real.

Tendencia de desarrollo:

Desarrolle tecnología de laminación asistida por plasma de alta temperatura para reducir la temperatura de laminación ($1200 \sim 1400$ °C) y reducir el consumo de energía en un 20% $\sim$ 30%.

Utilice moldes con nanorrecubrimiento (como TiN o CrN) para prolongar la vida útil del molde en un 50% y mejorar la precisión del dibujo.

4.3.2 Pulido de superficies y formación de puntas

Proceso de pulido de superficies: El pulido de superficies es un paso crítico para mejorar la estabilidad del arco y la longevidad de los electrodos de itrio y tungsteno. Una superficie lisa ($R_a < 0,4$ μm) reduce la deriva del arco (objetivo $<5\%$) y el desgaste de la punta ($<0,2$ mg/min) y reduce la inestabilidad del arco causada por defectos superficiales.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Pulido mecánico:

Proceso: use una muela abrasiva de diamante (tamaño de grano 2000 ~ malla 3000) o una correa de pulido de alúmina, velocidad de pulido de 13 m / min.

Equipo: Pulidora CNC, equipada con sistema de alimentación automática (precisión $\pm 0,01$ mm) y dispositivo de circulación de refrigerante (caudal 5 ~ 10 L / min).

Requisitos de calidad: rugosidad superficial $Ra < 0,4 \mu\text{m}$, sin arañazos ni microfisuras.

Ventajas: Adecuado para producción de alto volumen y bajo costo.

Desventajas: Pueden introducirse trazas de residuos abrasivos, que deben limpiarse más tarde.

Pulido electroquímico:

Proceso: Electrolito mixto de ácido sulfúrico-ácido fosfórico (relación 1:1, concentración 10% 20%), voltaje 515 V, densidad de corriente 0,52 A/cm², tiempo de pulido 1030 segundos.

Equipo: Pulidora electroquímica con fuente de alimentación de corriente constante (precisión $\pm 0,1$ V) y sistema de agitación (velocidad 100 ~ 200 rpm).

Requisitos de calidad: rugosidad superficial $Ra < 0,2 \mu\text{m}$, sin capa de óxido ni fosa de corrosión.

Ventajas: Alto acabado superficial, adecuado para soldadura de alta precisión (por ejemplo, semiconductores).

Desventajas: Alto costo del tratamiento de electrolitos y medidas de protección ambiental.

Control de calidad:

La rugosidad se detectó utilizando un escáner láser de superficie (resolución $< 0,01 \mu\text{m}$).

Los microscopios ópticos (aumento de 100 ~ 500 $\times$) examinan los defectos de la superficie para garantizar que no haya arañazos ni signos de oxidación.

Proceso de formación de puntas: La formación de puntas crea puntas con ángulos específicos ($15^\circ \sim 60^\circ$) y radios (0,1 ~ 0,5 mm) a través de un rectificado de precisión para optimizar la concentración del arco y el rendimiento del arco. Los diferentes procesos de soldadura tienen requisitos específicos para las formas de las puntas:

Parámetros del proceso:

Selección de ángulo:

$15^\circ \sim 30^\circ$: Adecuado para microsoldadura (corriente 5 ~ 50 A), concentración de arco, zona afectada por el calor $< 0,1$ mm.

$30^\circ \sim 45^\circ$: soldadura TIG general (corriente 50 ~ 200 A) para equilibrar la estabilidad del arco y la vida útil.

$45^\circ \sim 60^\circ$: Soldadura por arco de plasma (corriente > 200 A), adecuada para entornos de fusión profunda y alta temperatura.

Radio de la punta: 0,1 ~ 0,2 mm (microsoldadura), 0,3 ~ 0,5 mm (soldadura de alta corriente).

Equipo de rectificado: rectificadora CNC, equipada con muela abrasiva de diamante (malla de tamaño de grano 3000), velocidad de rotación 1000 ~ 5000 rpm.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Equipo:

Amoladora CNC: admite control multieje (precisión $\pm 0,01^\circ$), forma de punta programable.

Sistema de refrigeración: Utilice refrigerante a base de agua (caudal 5 ~ 10 L / min) para evitar el sobrecalentamiento de la punta.

Requisitos de calidad:

La desviación del ángulo de la punta es de $< \pm 1^\circ$ y la desviación del radio es de $< \pm 0,02$ mm.

Sin rebabas ni microfisuras, rugosidad superficial $Ra < 0,2 \mu\text{m}$.

Desafíos y optimizaciones:

Desafío: La consistencia del pulido de la punta es difícil de garantizar y la operación manual puede conducir fácilmente a la desviación.

Optimización: Introducción del sistema de reconocimiento visual (resolución $< 0,01$ mm) para detectar automáticamente la forma de la punta; Desarrolle accesorios especializados para garantizar ángulos de rectificado consistentes.

Tendencia de desarrollo:

Tecnología de pulido láser: use láser pulsado (potencia 1 ~ 5 kW) para pulir la superficie del electrodo, rugosidad $Ra < 0,1 \mu\text{m}$, sin líquido de desecho químico.

Sistema de rectificado inteligente: Combina algoritmos de IA para optimizar los ángulos y radios de las puntas, adaptándose a diferentes escenarios de soldadura y mejorando la consistencia en un $> 95\%$.

4.3.3 Corte de electrodos y procesamiento personalizado

Proceso de corte por electrodo: El corte por electrodo corta varillas largas en longitudes estándar (50 ~ 175 mm) para satisfacer las necesidades de soldadura manual o automatizada. Corte para asegurarse de que la incisión sea plana, sin rebabas y evite microgrietas causadas por el estrés térmico.

Rueda de corte de diamante:

Proceso: use una rueda de corte de diamante (tamaño de partícula 500 ~ 1000 malla), velocidad de rotación 2000 ~ 5000 rpm, velocidad de corte 0.1 ~ 0.5 m / min.

Equipo: Máquina de corte CNC, equipada con sistema de inyección de refrigerante (caudal 10 ~ 20 L / min).

Requisitos de calidad: planitud de la incisión $< 0,05$ mm, sin microfisuras ni zonas afectadas por el calor.

Ventajas: Adecuado para producción de alto volumen y bajo costo.

Desventajas: El disco de corte está desgastado y debe reemplazarse regularmente.

Tecnología de corte por láser:

Proceso: Láser de fibra (potencia 13 kW) con una velocidad de corte de 0,52 m/min y un diámetro de punto focal $< 0,1$ mm.

Equipo: Máquina de corte por láser, equipada con protección de gas inerte (argón, caudal 10 ~ 15 L

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

/ min).

Requisitos de calidad: Precisión de corte $\pm 0,1$ mm, sin grietas por estrés térmico.

Ventaja: Alta precisión, adecuado para cortes de longitud no estándar.

Desventajas: Alto costo del equipo.

Control de calidad:

La calidad de la incisión se verificó con un microscopio óptico (aumento del 50 $\times$).

El detector ultrasónico (frecuencia 5 ~ 20 MHz) detecta microfisuras internas (longitud < 0,1 mm).

Mecanizado personalizado: El mecanizado personalizado satisface necesidades especiales de soldadura, como electrodos de formas especiales (curvos, cónicos, de múltiples puntas) o electrodos de tamaño no estándar.

Escenarios de aplicación:

Electrodos de flexión: radio de curvatura 5 ~ 10 mm, adecuado para soldaduras complejas (por ejemplo, componentes aeroespaciales).

Electrodo cónico: ángulo de punta 60 ° ~ 90 °, utilizado para la fabricación aditiva por arco de plasma, precisión de apilamiento $\pm 0,05$ mm.

Electrodo de múltiples puntas: espaciado de puntas de 0,5 ~ 2 mm, adecuado para soldadura multipunto para el ensamblaje de baterías.

Oficio:

Tornos CNC: mecanizado de electrodos curvos o cónicos con una precisión $\pm 0,05$ mm.

Mecanizado por descarga eléctrica (EDM): Crea formas complejas con holguras de electrodos < 0,01 mm.

Asistencia de impresión 3D: Se utiliza para la creación de prototipos para verificar rápidamente el rendimiento de electrodos de formas especiales.

Requisitos de calidad:

Las tolerancias dimensionales $\pm 0,05$ mm y la rugosidad superficial $Ra < 0,4 \mu m$.

Sin defectos internos, resistencia mecánica > 1000 MPa.

Desafíos y optimizaciones:

Desafíos: Largo ciclo de procesamiento personalizado (2 ~ 5 días) y alto costo (aproximadamente un 30% más alto).

Optimización: Introducir un diseño modular, desarrollar accesorios universales y acortar los ciclos de producción en un 50%.

Tendencia de desarrollo:

El corte por láser de pulso ultracorto (ancho de pulso < 10 ps) se desarrolló con una zona afectada por el calor < 0,01 mm de la incisión.

Los electrodos de formas especiales se forman directamente utilizando técnicas de fabricación aditiva como la deposición por fusión láser, lo que reduce los pasos de procesamiento.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

4.4 Tecnología de control de calidad de los electrodos de itrio y tungsteno

La tecnología de control de calidad garantiza que la composición química, la microestructura y el rendimiento de los electrodos de tungsteno de itrio cumplan con los estándares (ISO 6848, GB / T 4192), que cubren la distribución de óxido de itrio, el análisis de microestructura y la optimización del proceso.

4.4.1 Control de la uniformidad de la distribución del óxido de itrio

Importancia: La distribución uniforme del óxido de itrio (Y_2O_3) afecta directamente a la estabilidad del arco (tasa de deriva $<5\%$) y a la tasa de quemado ($<0,2$ mg/min) del electrodo. La distribución desigual puede provocar puntos calientes localizados, lo que reduce la vida útil.

Método de control:

Análisis químico:

XRF: El espectrómetro de fluorescencia de rayos X detecta el contenido de óxido de itrio en la sección transversal del electrodo, con una precisión del $\pm 0,05\%$ y un tiempo de análisis de < 1 minuto.

ICP-OES: Espectrómetro de plasma acoplado inductivamente con límite de detección < 1 ppb y precisión $\pm 0,01\%$, adecuado para análisis de laboratorio de alta precisión.

Proceso: muestreo de 5 ~ 10 puntos (centro, borde) para garantizar que la desviación del contenido de Y_2O_3 $< \pm 0,1\%$.

Observación microscópica:

SEM-EDS: Microscopía electrónica de barrido combinada con espectroscopía de dispersión de energía con una resolución < 1 μm para analizar la distribución de partículas de óxido de itrio (sin aglomeración en el objetivo, $<5\%$ en el área de aglomeración).

EPMA: Microanálisis de sonda electrónica, profundidad de detección de 5 ~ 10 μm , precisión $\pm 0,01\%$, adecuado para análisis de distribución tridimensional.

Optimización de procesos:

Dopaje por pulverización: controle la velocidad de pulverización (0,1 ~ 0,5 L / min) y la concentración de la solución (Y_2O_3 5% ~ 10%) para garantizar un dopaje uniforme.

Molino de bolas de alta energía: 1000 ~ 2000 rpm, tiempo 48 horas, perlas de circonio (diámetro 0.1 ~ 0.5 mm) para reducir la aglomeración de partículas.

Parámetros de sinterización: temperatura 2200 ~ 2400 °C, conservación del calor durante 24 horas, contenido de oxígeno < 10 ppm.

Requisitos de calidad:

El contenido de Y_2O_3 es del 1,8% ~ 2,2%, con una desviación del $< \pm 0,1\%$. No hubo aglomeración obvia, el tamaño de partícula fue de 1 ~ 2 μm y la uniformidad de distribución fue $>$ del 95%.

Desafíos y optimizaciones:

Desafío: El dopaje desigual conduce a un rendimiento local reducido y altos costos de detección.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Optimización: Introducción de un sistema de detección XRF en línea para monitorear la uniformidad del dopaje en tiempo real; Desarrolle algoritmos de IA para predecir defectos de dopaje y ajustar los parámetros del proceso.

4.4.2 Análisis de microestructuras (SEM, EDS, XRD)

Importancia: La microestructura (por ejemplo, tamaño de grano, porosidad, composición de fase) determina la resistencia mecánica y las propiedades eléctricas del electrodo. Las técnicas analíticas aseguran la ausencia de defectos y fases dañinas (por ejemplo, WO_3).

Método de análisis:

SIN:

Función: Observe el tamaño de grano (objetivo 5 ~ 10 μm) y la porosidad (<1%) de la sección transversal del electrodo.

Dispositivo: SEM de emisión de campo con una resolución < 1 nm y un aumento de 1000 ~ 5000 $\times$.

Proceso: Pulido de muestras, grabado (solución HF, concentración 5%), observando los límites de grano y los poros.

EDS:

Función: Analizar la distribución del óxido de itrio y los elementos de impurezas (Fe, Si, C) con una precisión $\pm 0,05\%$.

Procedimiento: Escanee el centro y el borde del electrodo para confirmar la uniformidad de Y_2O_3 y el contenido de impurezas (<50 ppm).

XRD:

Función: Detectar la composición de la fase para garantizar que no haya WO_3 u otras fases oxidantes.

Dispositivo: Rayo Cu $K\alpha$, ángulo de escaneo 10 ~ 90 °, resolución ± 0.01 °.

Proceso: Análisis de los picos de matriz de tungsteno (estructura bcc) e Y_2O_3 (estructura cúbica) confirmados para confirmar la pureza de la fase > 99%.

Requisitos de calidad:

El tamaño de grano es de 5 ~ 10 μm y la porosidad es del <1%.

El contenido de impurezas era < 50 ppm y no había fase WO_3 .

Las partículas de óxido de itrio se distribuyeron uniformemente y el área de no aglomeración fue del >5%.

Desafíos y optimizaciones:

Desafío: El análisis SEM / EDS lleva mucho tiempo (30 ~ 60 minutos por muestra) y no es adecuado para pruebas por lotes.

Optimización: Introduzca SEM (análisis automático de muestras múltiples) de alto rendimiento y un sistema XRD en línea para reducir el tiempo de detección en un 50%.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

4.4.3 Optimización de los parámetros del proceso y prevención de defectos

Optimización de procesos:

Experimentos ortogonales: Se diseñaron experimentos multifactoriales (relación de dopaje, temperatura de sinterización, velocidad de estirado) para optimizar los indicadores de rendimiento (por ejemplo, tasa de agotamiento $<0,2$ mg/min).

Análisis de la superficie de respuesta: establecer un modelo matemático para predecir la influencia de los parámetros del proceso en el tamaño y la uniformidad del grano, y la tasa de optimización $>90\%$.

Parámetros clave:

Relación de dopaje: Y_2O_3 1,8%-2,2%, tolerancia $\leq \pm 0,1\%$.

Presión isostática: 250-300 MPa, densidad de palanquilla $>70\%$.

Temperatura de sinterización: 2200-2400 °C, velocidad de calentamiento 510 °C / min.

Velocidad de embutición: 0,52 m/min, tensión 10-50 kN.

Prevención de defectos:

Poros: Aumente la presión isostática (>250 MPa) y la temperatura de sinterización (>2200 °C) utilizando un horno de sinterización al vacío ($10^{-3} \sim 10^{-5}$ Pa).

Grieta: controle la velocidad de calentamiento / enfriamiento (<10 °C / min) y use enfriamiento en gradiente ($100 \sim 200$ °C / h).

Dopaje desigual: tiempo de molienda de bolas de alta energía prolongado (68 horas) con dopaje por pulverización en varias etapas (presión de la boquilla 13 MPa).

Detectar:

La tomografía de rayos X (XCT, resolución <1 μ m) detecta poros y grietas.

Inspección ultrasónica (frecuencia 5 ~ 20 MHz) para detectar rápidamente defectos internos.

Tendencia de desarrollo:

Desarrollar tecnología de gemelo digital para simular el proceso de mecanizado y predecir la tasa de defectos ($<0,5\%$).

Se introdujo el aprendizaje automático para optimizar los parámetros del proceso y reducir la tasa de defectos al $<0,1\%$.

4.5 Tecnología de fabricación avanzada de electrodo de itrio y tungsteno

Las tecnologías de fabricación avanzadas mejoran el rendimiento y la eficiencia de producción de los electrodos de itrio y tungsteno mediante la introducción del dopaje a nanoescala, la sinterización SPS y la fabricación inteligente.

4.5.1 Tecnología de dopaje con óxido de itrio a nanoescala

Descripción técnica: El dopaje con óxido de itrio a nanoescala (tamaño de partícula 10 ~ 100 nm) se

preparó mediante molienda de bolas de alta energía o método sol-gel, lo que mejoró significativamente el rendimiento del electrodo.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Proceso de preparación:

Molino de bolas de alta energía: velocidad de rotación 1000 ~ 2000 rpm, perlas de circonio (diámetro 0.1 ~ 0.5 mm), tiempo de molienda 4 ~ 6 horas, medio de agua o etanol para evitar la aglomeración.

Método Sol-gel: La solución de nitrato de itrio (concentración 5% ~ 10%) se mezcla con polvo de tungsteno, se seca por aspersión (temperatura 200 ~ 300 °C) para formar nanopartículas.

Mejoras de rendimiento:

Temperatura de recristalización: >2100 °C, resistencia a la fluencia aumentada en un 30%.

Estabilidad del arco: tasa de deriva <3%, tensión de arranque del arco < 12 V.

Tasa de quemado: <0,1 mg / min, vida útil extendida en un 20% ~ 30%.

Perspectivas de aplicación:

Soldadura de corriente ultra alta (>400 A), como componentes de reactores de la industria nuclear.

Microsoldadura (juntas de soldadura < 0,2 mm), como paquetes de chips semiconductores.

Desafíos y optimizaciones:

Desafío: Las nanopartículas son fáciles de aglomerar, lo que aumenta los costos de dopaje en un 10% ~ 15%.

Optimización: El dispositivo de dispersión ultrasónica (frecuencia 20 ~ 40 kHz) se desarrolló para mejorar la dispersión de partículas en un > 95%.

4.5.2 Proceso de sinterización por plasma por descarga (SPS)

Descripción técnica: SPS completa la sinterización en 5 ~ 10 minutos con corriente de pulso (1000 ~ 5000 A) y presión (50 ~ 100 MPa), con una temperatura de 1800 ~ 2000 °C, que es más baja que la sinterización tradicional (2200 ~ 2400 °C).

Ventajas del proceso:

Alta densidad: >99%, porosidad <0,5%.

Granos finos: 3 ~ 5 µm, resistencia mecánica > 1200 MPa.

Ahorro de energía y protección del medio ambiente: reduzca el consumo de energía en un 30% ~ 40% y acorte el tiempo de sinterización en un 80%.

Equipo:

Horno de sinterización SPS: equipado con molde de grafito (resistente a temperaturas > 2000 °C) y sistema de vacío (10^{-3} Pa).

Control de temperatura: termómetro infrarrojo (precisión ± 2 °C), precisión de control de corriente ± 1 A.

Aplicar:

Electrodos de alto rendimiento: álabes de turbina aeroespacial soldados con una corriente > 400 A.

Micro electrodo: microsoldadura semiconductora, diámetro 0,3 ~ 0,8 mm.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Desafíos y optimizaciones:

Desafío: Alto costo de los equipos sanitarios y fitosanitarios.

Optimización: El desarrollo de un sistema SPS modular reduce los costos de los equipos en un 20%.

4.5.3 Fabricación inteligente y tecnología de monitoreo en tiempo real

Descripción general de la tecnología: La fabricación inteligente optimiza los procesos de producción a través de sensores, Internet de las cosas (IoT) y aprendizaje automático, mejorando la eficiencia y la consistencia.

Monitoreo en tiempo real:

Termómetro infrarrojo (precisión ± 1 °C): controle la temperatura de sinterización (1800 ~ 2400 °C).

Analizador de gases (límite de detección < 1 ppm): Controla el contenido de oxígeno < 10 ppm en la atmósfera.

XRF en línea: Detección del contenido de óxido de itrio con una precisión $\pm 0,05\%$.

Aprendizaje automático:

Establezca una base de datos de parámetros de proceso (dopaje, sinterización, estirado) y prediga indicadores de rendimiento (como la tasa de agotamiento, el tamaño de grano).

Utilizando algoritmos de IA para optimizar los parámetros, la tasa de defectos se redujo al <0,5%.

Línea de producción automatizada:

Robot de seis ejes (carga 5~20 kg, precisión de posicionamiento $\pm 0,1$ mm): para carga y descarga de polvo, manipulación de piezas en bruto y embalaje de electrodos.

Equipo de mecanizado CNC: dibujo, rectificado y corte, la eficiencia aumenta en un 50%.

Aplicar:

Producción en masa: 5000 ~ 10000 electrodos por día, tasa de defectos <1%.

Personalización de alta precisión: producción de electrodos de formas especiales, acortamiento del ciclo en un 30%.

Tendencia de desarrollo:

Desarrollar una plataforma de gemelos digitales para simular el proceso de producción en tiempo real y predecir defectos.

Se introduce la tecnología blockchain para rastrear todo el proceso de producción de materias primas y electrodos para garantizar la trazabilidad.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal



Capítulo 5 Campos de aplicación de los electrodos de itrio y tungsteno

5.1 Aplicaciones de soldadura de electrodos de itrio y tungsteno

5.1.1 Aplicación de la soldadura TIG (soldadura por arco de argón) en superaleaciones

La soldadura por arco de tungsteno argón (soldadura TIG) es una de las áreas más utilizadas del electrodo de itrio y tungsteno (WY20), especialmente en la soldadura de superaleaciones. Las superaleaciones, como las aleaciones a base de níquel (Inconel, Hastelloy) y las aleaciones a base de cobalto, se utilizan ampliamente en las industrias aeroespacial, energética y química debido a su excelente resistencia a las altas temperaturas, la corrosión y la fatiga. Sin embargo, el alto punto de fusión ($1300 \sim 1500^{\circ}\text{C}$) y la composición compleja de estas aleaciones imponen exigencias extremadamente altas al proceso de soldadura. Los electrodos de itrio y tungsteno son ideales para la soldadura TIG de superaleaciones debido a su bajo trabajo de escape de electrones (aproximadamente $2.5 \sim 2.7\text{ eV}$), excelente estabilidad del arco y baja tasa de quemado.

En la soldadura TIG, los electrodos de itrio y tungsteno generan arcos de alta temperatura (alrededor de $6000 \sim 7000^{\circ}\text{C}$) a través de la protección de argón o helio, fundiendo la pieza de trabajo y el material de relleno para formar soldaduras de alta calidad. Su columna de arco delgada y comprimida permite un control preciso de la forma del baño de fusión, reduciendo la zona afectada por el calor (HAZ) y, por lo tanto, reduciendo el riesgo de grietas y porosidad de la soldadura. Los electrodos de tungsteno de itrio son particularmente prominentes en condiciones de polaridad

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

positiva de corriente continua (DCEN), generalmente en el rango de corriente de 50 ~ 300 A, y son adecuados para placas de aleación con espesores que van desde 0,5 mm a 20 mm.

Las aplicaciones específicas incluyen:

Componentes de motores aeronáuticos: Soldadura de discos y palas de turbinas de aleación a base de níquel, que requieren alta resistencia y resistencia a altas temperaturas de las soldaduras. La baja tasa de quemado del electrodo de itrio y tungsteno (aproximadamente 0,1 ~ 0,2 mg / min) garantiza la estabilidad del electrodo durante la soldadura a largo plazo.

Turbinas de gas: La soldadura de cámaras de combustión de superaleaciones requiere fusión profunda y soldaduras uniformes, y la alta estabilidad del arco de los electrodos de itrio y tungsteno (tasa de deriva <5%) satisface esta necesidad.

Equipo químico: soldadura de tubos de aleación Hastelloy, la resistencia a la corrosión de los electrodos de itrio y tungsteno garantiza la estabilidad a largo plazo de las soldaduras en ambientes ácidos.

El electrodo de tungsteno de itrio tiene un excelente rendimiento de arco y un bajo voltaje de arco (aproximadamente 10 ~ 15 V), que puede lograr un encendido y extinción rápidos en la soldadura TIG pulsada, que es adecuada para escenarios de soldadura automatizados y de alta precisión. Además, su naturaleza no radiactiva lo convierte en una alternativa ecológica a los electrodos de tungsteno de torio, que cumple con los estándares de seguridad en la industria aeroespacial.

5.1.2 Aplicaciones de alta precisión de la soldadura por arco de plasma

La soldadura por arco de plasma (PAW) es un proceso de soldadura de alta densidad de energía con una temperatura de arco de hasta 20.000 °C, adecuado para soldadura de alta precisión y fusión profunda. La aplicación del electrodo de tungsteno de itrio en la soldadura por arco de plasma se beneficia de su resistencia a altas temperaturas y su alta capacidad de carga de corriente (100 ~ 500 A). La soldadura por arco de plasma logra una mayor concentración de energía al comprimir el arco (limitado por la boquilla), con una profundidad de penetración de hasta 10 ~ 15 mm, una pequeña zona afectada por el calor y una alta calidad de soldadura.

Las ventajas de los electrodos de itrio y tungsteno en la soldadura por arco de plasma incluyen:

Concentración de arco: El bajo trabajo de escape y la distribución uniforme del óxido de itrio hacen que la columna de arco sea delgada y estable, adecuada para soldar placas de > 10 mm de espesor.

Baja tasa de quemado: a alta densidad de corriente (>300 A / mm²), la tasa de quemado del electrodo de tungsteno de itrio es de solo 0.15 ~ 0.25 mg / min, lo que prolonga la vida útil del electrodo.

Adaptabilidad del material: Adecuado para soldar acero inoxidable, aleaciones de titanio, aleaciones a base de níquel y aleaciones de circonio.

Las aplicaciones típicas incluyen:

Recipientes a presión: La soldadura de contenedores de acero inoxidable y aleación de circonio en equipos de energía nuclear requiere que las soldaduras estén libres de porosidad e inclusiones de escoria.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Construcción naval: La soldadura profunda de placas de acero de alta resistencia y cubiertas de aleación a base de níquel, y la alta estabilidad del arco de los electrodos de itrio y tungsteno garantizan la consistencia de la soldadura.

Dispositivos médicos: soldadura de precisión de instrumentos quirúrgicos de acero inoxidable y el arco fino del electrodo de tungsteno de itrio (radio de punta de 0,1 ~ 0,5 mm) satisface las necesidades de pequeñas juntas de soldadura.

La soldadura por arco de plasma generalmente requiere una antorcha de soldadura enfriada por agua o por gas para proteger el electrodo de tungsteno de itrio del sobrecalentamiento. Los procesos modernos también incorporan sistemas de control automatizados para mejorar aún más la precisión de la soldadura mediante la regulación precisa de la corriente y el flujo de gas.

5.1.3 Soldadura de aleación de titanio con aleación a base de níquel en ambiente de vacío

La soldadura en entornos de vacío se utiliza principalmente para procesar materiales sensibles y de alta precisión, como aleaciones a base de titanio y níquel, y se usa comúnmente en las industrias aeroespacial y de semiconductores. Los electrodos de itrio y tungsteno sobresalen en la soldadura TIG al vacío o la soldadura por plasma al vacío, con su baja volatilidad y estabilidad química que garantiza la pureza del entorno de soldadura.

Las aleaciones de titanio como el Ti-6Al-4V se utilizan ampliamente en piezas estructurales aeroespaciales debido a su alta resistencia, baja densidad y excelente resistencia a la corrosión, pero su alta actividad química requiere soldadura en un ambiente de vacío o gas inerte para evitar la contaminación por oxígeno y nitrógeno. Las ventajas de los electrodos de itrio y tungsteno en un entorno de vacío ($10^{-3} \sim 10^{-5}$ Pa) incluyen:

Baja liberación de gas: La baja presión de vapor del óxido de itrio ($<10^{-5}$ Pa a 2000 °C) garantiza que el electrodo no libere gases de impurezas, manteniendo limpio el entorno de vacío.

Estabilidad del arco: El trabajo de escape bajo y el punto de emisión uniforme permiten que el arco se encienda rápidamente en un entorno de baja presión, con una tasa de deriva del $< 3\%$.

Larga vida útil: En un entorno de vacío, la tasa de quemado del electrodo se reduce aún más ($< 0,1$ mg/min), lo que lo hace adecuado para la soldadura continua a largo plazo.

La soldadura al vacío de aleaciones a base de níquel, como Inconel 718, se utiliza principalmente en componentes de naves espaciales y álabes de turbinas, donde su alto punto de fusión y composición compleja requieren una excelente resistencia a altas temperaturas del electrodo. La alta temperatura de recristalización (> 2000 °C) y la resistencia a la fluencia de los electrodos de tungsteno de itrio les permiten soportar golpes de arco a alta temperatura a largo plazo y mantener la estabilidad de la forma de la punta.

Las aplicaciones típicas incluyen:

Sellos de naves espaciales: Carcasas de aleación de titanio soldadas al vacío para garantizar la hermeticidad y la resistencia a la corrosión.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Álabes de turbina: Los álabes de aleación a base de níquel están soldados con precisión y las soldaduras deben cumplir con altos requisitos de resistencia a la fatiga.

Equipos semiconductores: Soldadura de tubos de acero inoxidable y titanio en un entorno de vacío para equipos de fabricación de virutas.

5.2 Aplicaciones no soldadas de electrodos de itrio y tungsteno

5.2.1 Corte y pulverización por plasma

La aplicación de electrodos de itrio y tungsteno en el corte por plasma y la pulverización por plasma se beneficia de su alta capacidad de transporte de corriente y resistencia a altas temperaturas. El corte por plasma derrite y sopla materiales metálicos a través de arcos de plasma de alta energía (temperaturas de hasta 30000 °C) y se usa ampliamente para cortar acero al carbono, acero inoxidable y aleaciones de aluminio. El arco alargado y la alta estabilidad de los electrodos de itrio y tungsteno los convierten en el electrodo de elección para el corte por plasma.

En el corte por plasma, las características típicas de los electrodos de itrio y tungsteno incluyen:

Adaptabilidad de alta corriente: puede soportar corrientes ultra altas de 300 ~ 1000 A, adecuado para cortar placas con un espesor de 20 ~ 100 mm.

Baja tasa de quemado: a alta densidad de energía, la vida útil del electrodo puede alcanzar las 50 ~ 100 horas.

Precisión de corte: alta concentración de arco, ancho de corte pequeño (<2 mm), alto acabado superficial.

La pulverización de plasma es una técnica de fortalecimiento de superficies que derrite y rocía polvo cerámico o metálico sobre la superficie de una pieza de trabajo a través de un arco de plasma para crear un recubrimiento resistente al desgaste o la corrosión. Las aplicaciones de los electrodos de itrio y tungsteno en la pulverización de plasma incluyen:

Aeroespacial: Pulverización de recubrimientos cerámicos (como zirconia) en las superficies de los álabes de las turbinas para mejorar la resistencia a altas temperaturas.

Equipos industriales: rocíe recubrimientos resistentes al desgaste en los cucharones de las excavadoras o en las superficies del cuerpo de la bomba para prolongar la vida útil.

5.2.2 Aplicaciones de electrodos en el mecanizado por descarga eléctrica (EDM).

El mecanizado por descarga eléctrica (EDM) es una técnica de mecanizado sin contacto que elimina material a través de la descarga de chispas entre el electrodo y la pieza de trabajo, lo que lo hace adecuado para el mecanizado de precisión de materiales de alta dureza. El electrodo de tungsteno de itrio se utiliza por su alta dureza (HV 400 ~ 450), resistencia al desgaste y conductividad eléctrica (la resistividad es de aproximadamente $5.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$) se utiliza como electrodo de electroerosión.

En EDM, las ventajas de los electrodos de itrio y tungsteno incluyen:

Alta resistencia al desgaste: El efecto fortalecedor del óxido de itrio hace que el electrodo sea menos propenso al desgaste durante la descarga de alta frecuencia, manteniendo la estabilidad de la forma.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Control de arco: el trabajo de escape bajo garantiza la estabilidad de la descarga de chispas, mejorando la precisión del mecanizado.

Adaptabilidad del material: Adecuado para mecanizar aleaciones de titanio, aceros para moldes y carburo.

Las aplicaciones típicas incluyen:

Fabricación de moldes: Se utiliza para el mecanizado de precisión de moldes de estampado y moldes de inyección.

Aeroespacial: Mecanizado de componentes de titanio con formas complejas, como orificios de enfriamiento en álabes de turbinas.

Dispositivos médicos: Mecanizado de herramientas quirúrgicas e implantes de alta precisión.

5.2.3 Aplicación en dispositivos de descarga a alta temperatura

Los electrodos de itrio y tungsteno se utilizan como generadores de arco o electrodos de descarga en dispositivos de descarga de alta temperatura y se utilizan ampliamente en la investigación de plasma, equipos de pulverización térmica y fuentes de luz de alta intensidad como lámparas de xenón. Su alto punto de fusión (3422 °C) y su baja tasa de quemado le permiten soportar temperaturas extremas y descargas frecuentes.

Los escenarios de aplicación incluyen:

Investigación de plasma: En los generadores de plasma, los electrodos de itrio y tungsteno se utilizan para generar plasma a alta temperatura (>10000 °C) para pruebas de propiedades de materiales o investigación de fusión nuclear.

Fabricación de lámparas de xenón: Los electrodos de tungsteno de itrio sirven como cátodo de las lámparas de xenón, que soportan altas descargas de corriente y producen una luz fuerte, que se utilizan en proyectores de películas y láseres.

Equipo de pulverización térmica: En los dispositivos de pulverización de plasma, los electrodos de itrio y tungsteno actúan como generadores de arco para rociar recubrimientos resistentes al desgaste o a altas temperaturas.

5.3 Aplicación del electrodo de itrio y tungsteno en la industria

5.3.1 Aeroespacial (componentes del motor, álabes de turbina)

La industria aeroespacial es una de las mayores áreas de aplicación de los electrodos de itrio y tungsteno, que implica la soldadura de componentes de motores, álabes de turbinas y estructuras de fuselaje. Las aleaciones a base de titanio y níquel son los materiales más utilizados en la industria aeroespacial y requieren procesos de soldadura con alta precisión, resistencia y resistencia a altas temperaturas. La aplicación de electrodos de tungsteno de itrio en soldadura por arco TIG y plasma satisface estas necesidades.

Las aplicaciones específicas incluyen:

Álabes de turbina: Soldadura TIG de álabes de aleación a base de níquel, que requieren que la

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

soldadura resista altas temperaturas ($>1200\text{ }^{\circ}\text{C}$) y resistencia a la fatiga. El arco delgado del electrodo de tungsteno de itrio asegura soldaduras uniformes, reduciendo las grietas.

Cámara de combustión del motor: soldadura de fusión profunda de aleación de titanio y cámara de combustión de acero inoxidable, alta capacidad de carga de corriente del electrodo de itrio y tungsteno ($>300\text{ A}$) para satisfacer las necesidades de fusión profunda.

Estructura del cuerpo: soldadura de la piel y el marco de aleación de titanio, la baja entrada de calor del electrodo de itrio y tungsteno reduce la deformación del material.

5.3.2 Industria militar y de defensa (materiales blindados, componentes de misiles)

El campo de la defensa y la industria militar tiene requisitos extremadamente altos para la calidad de la soldadura, que involucran la fabricación de materiales de armadura, componentes de misiles y sistemas de armas. Los electrodos de itrio y tungsteno se utilizan ampliamente debido a su alta confiabilidad, no radiactividad y larga vida útil.

Las aplicaciones incluyen:

Placas de acero blindado: soldadura por fusión profunda de placas de acero de alta resistencia, la alta estabilidad del arco de los electrodos de itrio y tungsteno garantiza la resistencia y tenacidad de la soldadura.

Proyectil de misiles: Soldadura de precisión de carcasas de aleación de titanio y acero inoxidable, que requiere hermeticidad y resistencia a la corrosión de las soldaduras.

Sistemas de armas: soldadura de estructuras complejas (como antenas de radar), las capacidades de microsoldadura de los electrodos de itrio y tungsteno cumplen con los requisitos de precisión.

5.3.3 Industria energética (equipos de energía nuclear, turbinas de gas)

La industria energética tiene requisitos extremadamente altos para la seguridad y durabilidad de los materiales de soldadura, y los electrodos de itrio y tungsteno juegan un papel importante en la fabricación de equipos de energía nuclear y turbinas de gas.

Las aplicaciones incluyen:

Equipos de energía nuclear: soldadura de recipientes a presión y tuberías de reactores, soldadura por arco TIG o plasma utilizando electrodos de tungsteno de itrio para garantizar soldaduras sin defectos y resistentes a la corrosión.

Turbina de gas: Soldadura de cámaras y palas de combustión de aleación a base de níquel, estabilidad a altas temperaturas de electrodos de itrio y tungsteno para satisfacer las necesidades de operación a largo plazo.

Equipos de energía eólica: soldadura de torres y palas, la capacidad de fusión profunda de los electrodos de itrio y tungsteno es adecuada para la soldadura de placas gruesas.

5.3.4 Fabricación de semiconductores y microelectrónica

Las industrias de semiconductores y microelectrónica requieren procesos de soldadura de ultra alta precisión para la fabricación de paquetes de chips, sensores y microtubos. El pequeño diseño en

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

forma de aguja (0,5 ~ 1,0 mm de diámetro) y la baja entrada de calor de los electrodos de itrio y tungsteno los convierten en opciones ideales.

Las aplicaciones incluyen:

Embalaje de virutas: la microsoldadura de cables de cobre y oro, y un arco fino (<0,5 mm) de electrodos de itrio-tungsteno garantizan la precisión de la unión de soldadura.

Fabricación de sensores: soldadura de sensores de acero inoxidable y aleación de titanio, que requieren zonas mínimas afectadas por el calor.

Microtuberías: la soldadura de tuberías en un entorno de vacío, y la baja volatilidad de los electrodos de itrio y tungsteno mantiene limpio el medio ambiente.

5.4 Análisis de casos típicos de electrodos de itrio y tungsteno

5.4.1 Soldadura de piezas estructurales de aviación de aleación de titanio

Antecedentes del caso: Una empresa aeroespacial necesita soldar piezas estructurales de fuselaje de aleación de titanio Ti-6Al-4V con un espesor de 5 mm, lo que requiere alta resistencia (>900 MPa) y hermeticidad de la soldadura. El proceso fue soldadura TIG al vacío y el electrodo fue un electrodo de itrio-tungsteno (WY20, diámetro 2,4 mm, ángulo de punta 30 °).

Implementación del proceso:

Parámetros de soldadura: corriente 150 A (DCEN), caudal de argón 12 L/min, grado de vacío 10^{-4} Pa.

Rendimiento del electrodo: El bajo poder de escape del electrodo de itrio y tungsteno garantiza un inicio rápido del arco, con una tasa de deriva del arco del <3% y sin un desgaste significativo durante la soldadura.

Resultado: La resistencia a la tracción de la soldadura alcanza los 950 MPa, sin poros ni grietas, cumpliendo con los estándares de aviación.

Análisis: La baja volatilidad y la alta estabilidad del arco de los electrodos de itrio y tungsteno garantizan la calidad de la soldadura en un entorno de vacío, reduciendo el riesgo de oxidación en las aleaciones de titanio. La vida útil del electrodo es de hasta 120 horas, lo que reduce los costos de producción.

5.4.2 Reparación de superaleaciones y fortalecimiento de superficies

Antecedentes del caso: Un fabricante de turbinas de gas necesitaba reparar áreas desgastadas de una pala de turbina de aleación a base de níquel (Inconel 718) y reforzar la superficie con pulverización de plasma. La reparación de soldaduras TIG y la pulverización con plasma se realizaron utilizando un electrodo de tungsteno de itrio (WY20, 3,2 mm de diámetro).

Implementación del proceso:

Reparación de soldadura: soldadura TIG por pulsos, corriente 100 ~ 200 A, el material de relleno es

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

alambre de soldadura Inconel 718. El arco delgado del electrodo de itrio y tungsteno garantiza un control preciso de la piscina en el área de reparación.

Pulverización de plasma: pulverización de recubrimiento de zirconia, corriente 400 A, resistencia a altas temperaturas del electrodo de itrio y tungsteno que admite la pulverización continua durante 4 horas.

Resultado: La dureza del área reparada alcanzó HV 450 y la fuerza de unión del recubrimiento fue de > 70 MPa, lo que cumplió con los requisitos de operación a alta temperatura.

Análisis: La alta adaptabilidad a la corriente y la baja tasa de quemado de los electrodos de tungsteno de itrio en reparación y pulverización mejoran la eficiencia del proceso y reducen la frecuencia de reemplazo de electrodos.

5.4.3 Soldadura de componentes de precisión en entornos de vacío

Antecedentes del caso: Un fabricante de equipos semiconductores necesita soldar microtubos de acero inoxidable (2 mm de diámetro y 0,2 mm de espesor de pared) para un sistema de vacío en equipos de fabricación de virutas. Se seleccionó un electrodo de microaguja de tungsteno de itrio (diámetro 0,5 mm, radio de punta 0,1 mm) para la soldadura TIG al vacío.

Implementación del proceso:

Parámetros de soldadura: corriente 10 ~ 20 A (modo de pulso), caudal de argón 8 L / min, grado de vacío 10^{-5} Pa.

Rendimiento del electrodo: La baja entrada de calor y el arco fino ($< 0,5$ mm) de los electrodos de tungsteno de itrio aseguran un tamaño de junta de soldadura pequeño con una zona afectada por el calor $< 0,1$ mm.

Resultados: La hermeticidad de la soldadura alcanzó los 10^{-9} Pa·m³/s, cumpliendo con los estándares de la industria de semiconductores.

Análisis: Las capacidades de microsoldadura y la baja volatilidad de los electrodos de itrio y tungsteno garantizan la limpieza y la precisión de la soldadura en entornos de vacío, lo que los hace adecuados para aplicaciones de microelectrónica de alta precisión.



Capítulo 6 Equipo de producción de electrodos de itrio y tungsteno

6.1 Equipo de preparación de materias primas para electrodos de itrio y tungsteno

El primer paso en la fabricación de electrodos de itrio y tungsteno es la preparación de la materia prima, que implica el cribado, la purificación y la optimización del polvo de tungsteno y el óxido de itrio de alta pureza. Esta etapa del equipo debe garantizar una alta pureza, uniformidad del tamaño de las partículas y estabilidad química de las materias primas para cumplir con los requisitos de rendimiento de los electrodos de itrio y tungsteno en la soldadura a alta temperatura.

6.1.1 Equipo de molienda de polvo de tungsteno y clasificación por tamaño de partícula

La preparación del polvo de tungsteno es la base de la producción de electrodos de itrio y tungsteno, que requiere que la pureza del polvo de tungsteno alcance más del 99,95% y que el tamaño de partícula se controle en el rango de 1 ~ 5 μm para garantizar la uniformidad de la sinterización y el dopaje posteriores. Estos son los principales dispositivos y sus características:

Molino de bolas de alta energía

El molino de bolas de alta energía se utiliza para moler polvo de tungsteno grueso (tamaño de partícula inicial de 10 ~ 50 μm) al tamaño de partícula objetivo. El equipo está diseñado con diseño planetario o vibratorio, equipado con bolas de molienda de circonio o carburo (diámetro 5 ~ 10 mm) para reducir la contaminación por metales. El proceso de molienda se lleva a cabo bajo la protección

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

de gases inertes (como el argón), la velocidad se controla a 200 ~ 400 rpm y el tiempo de molienda es de 48 horas. Los molinos de bolas modernos están equipados con sistemas de control de temperatura que evitan la oxidación del polvo de tungsteno debido al sobrecalentamiento. Ventajas: alta eficiencia, distribución uniforme del tamaño de partícula; Desventajas: La molienda prolongada puede introducir trazas de impurezas.

Clasificador de flujo de aire

El clasificador de flujo de aire se utiliza para filtrar el polvo de tungsteno con un tamaño de partícula de 15 μm y rechazar las partículas que son demasiado grandes o demasiado pequeñas. El equipo dispersa el polvo de tungsteno mediante un flujo de gas de alta velocidad (velocidad 10 ~ 50 m / s) y lo separa según el tamaño de partícula, con una precisión de $\pm 0,1 \mu\text{m}$. Los clasificadores a menudo están equipados con ciclones de múltiples etapas y filtros de precisión, lo que garantiza una contaminación sin polvo. Ventajas: clasificación de alta precisión, gran rendimiento (100 ~ 500 kg por hora); Desventajas: Los costos de mantenimiento del equipo son altos.

Equipos de limpieza por ultrasonidos

El equipo de limpieza se utiliza para eliminar óxidos e impurezas (por ejemplo, hierro, carbono) de la superficie del polvo de tungsteno. El equipo utiliza una solución diluida de ácido clorhídrico o ácido nítrico (concentración 5% ~ 10%), combinada con oscilación ultrasónica (frecuencia 20 ~ 40 kHz) para limpiar el polvo de tungsteno y luego eliminar el agua mediante secado al vacío ($< 200^\circ\text{C}$). Ventajas: Elimina eficazmente las impurezas de la superficie; Desventajas: La concentración de la solución debe controlarse estrictamente para evitar la corrosión del polvo de tungsteno.

Los analizadores láser de tamaño de partículas se utilizan para monitorear la distribución del tamaño de partícula del polvo de tungsteno en tiempo real, asegurando que el tamaño de partícula cumpla con los requisitos objetivo. El equipo adopta el principio de difracción láser, con un rango de detección de 0.01 ~ 1000 μm y una precisión de $\pm 1\%$. Ventajas: rápido y preciso; Desventajas: El equipo es caro.

Estos dispositivos trabajan juntos para garantizar que la pureza, el tamaño de partícula y la morfología del polvo de tungsteno satisfagan las demandas de la producción de electrodos de itrio y tungsteno. Las fábricas modernas también introducen sistemas de control automatizados para lograr operaciones continuas de molienda, clasificación y limpieza a través de PLC (controladores lógicos programables), mejorando la eficiencia de la producción.

6.1.2 Equipos de purificación y nanoconservación de óxido de itrio

El óxido de itrio (Y_2O_3) se utiliza como dopante, y su pureza ($> 99,99\%$) y tamaño de partícula (0,52 μm , nanoescala 10~100 nm) son cruciales para el rendimiento de los electrodos de itrio y tungsteno. Los equipos de purificación y nanoprocesamiento incluyen:

Equipos de extracción por solventes

El equipo de extracción con solventes se utiliza para extraer óxido de itrio de alta pureza de minerales de itrio, como la monacita. El equipo incluye un tanque de extracción, un separador

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

centrífugo y una columna de intercambio iónico que separa el itrio de otros elementos de tierras raras utilizando extractantes orgánicos como TBP o P204. El proceso de extracción se lleva a cabo en un ambiente ácido (pH 24) con un ciclo típico de 10 ~ 20 ciclos para garantizar < 100 ppm de impurezas (por ejemplo, calcio, silicio). Ventajas: alta pureza, adecuado para la producción industrial; Desventajas: alto costo del tratamiento de líquidos residuales.

Secador por pulverización

Los secadores por pulverización se utilizan para preparar soluciones de nitrato de itrio en polvo de óxido de itrio. El equipo atomiza la solución a través de una boquilla de alta presión (presión 0,52 MPa), y el aire caliente (200~300°C) la seca rápidamente para formar partículas a micro o nanoescala. La velocidad de pulverización y la temperatura de secado deben controlarse con precisión para garantizar la uniformidad de las partículas (tamaño de partícula objetivo 0,5 ~ 2 µm). Ventajas: buena morfología de partículas, alta fluidez; Desventajas: Alto consumo de energía.

Molinillo Nano

Los nanomolinos se utilizan para moler aún más óxido de itrio a escala micrométrica a nanoescala (10 ~ 100 nm). El equipo adopta la molienda húmeda, el medio son perlas de circonio (diámetro 0.1 ~ 0.5 mm), la velocidad de rotación es de 1000 ~ 2000 rpm y el tiempo de molienda es de 26 horas. El proceso de molienda se lleva a cabo en medios de agua o etanol, evitando que las partículas se aglomeren. Ventajas: Puede producir partículas a nanoescala para mejorar la uniformidad del dopaje; Desventajas: El desgaste del equipo requiere un mantenimiento regular.

El equipo de análisis químico Espectrómetro de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) se utiliza para detectar la pureza y el contenido de impurezas del óxido de itrio con un límite de detección de < 1 ppb para garantizar el cumplimiento de los requisitos de producción de electrodos. Ventajas: Alta sensibilidad; Desventajas: Operación compleja y trabajo profesional.

Estos dispositivos proporcionan materias primas de óxido de itrio de alta calidad para el proceso de dopaje de electrodos de itrio y tungsteno a través de la purificación en múltiples etapas y el control del tamaño de las partículas.

6.2 Equipos de pulvimetalurgia para electrodos de itrio y tungsteno

La pulvimetalurgia es el proceso central de la preparación de electrodos de itrio y tungsteno, que implica la mezcla, la conformación y la sinterización de polvos. El equipo debe garantizar una distribución uniforme del óxido de itrio y una alta densidad de los electrodos.

6.2.1 Sistema de mezcla y dopaje de alta precisión

El equipo de mezcla y dopaje se utiliza para dispersar uniformemente el óxido de itrio en polvo de tungsteno, lo que afecta la estabilidad del arco y las propiedades mecánicas del electrodo.

Mezclador de alta energía

El mezclador de alta energía adopta un diseño de mezcla tridimensional o en forma de V, equipado con control de conversión de frecuencia (velocidad de rotación 50 ~ 200 rpm), y el tiempo de mezcla es de 48 horas. El equipo opera bajo la protección de gases inertes como el argón, lo que evita la

oxidación del polvo de tungsteno. Algunos equipos están integrados con un dispositivo de dispersión ultrasónica (frecuencia 20 ~ 40 kHz) para mejorar la dispersión de partículas de óxido de itrio. Ventajas: Mezclar uniformemente, adecuado para la producción en masa; Desventajas: gran tamaño del equipo y gran tamaño.

Sistema de dopaje por pulverización

El sistema de dopaje por pulverización logra el dopaje rociando una solución de nitrato de itrio sobre polvo de tungsteno o materia prima de trióxido de tungsteno. El equipo incluye una boquilla de alta presión (presión 13 MPa), un tanque de agitación y una cámara de secado, y la velocidad de pulverización se controla a 0,1 ~ 0,5 L / min. Después del secado, se formó polvo compuesto de itrio de tungsteno y la desviación del contenido de óxido de itrio fue del $\leq \pm 0,1\%$. Ventajas: dopaje uniforme, adecuado para alto contenido de óxido de itrio ($>2\%$); Desventajas: El proceso es complejo y la concentración de la solución debe controlarse estrictamente.

Espectroscopia de fluorescencia de rayos X (XRF) XRF se utiliza para monitorear la distribución elemental de polvos dopados en tiempo real para garantizar que el contenido de óxido de itrio cumpla con el valor objetivo (1.8% ~ 2.2%). La precisión de detección del equipo $\pm$ del 0,05% y el tiempo de análisis < 1 minuto. Ventajas: rápido y sin pérdidas; Desventajas: equipos caros.

6.2.2 Prensado isostático en frío y equipo de prensado en caliente

El equipo de formación presiona el polvo dopado en piezas en bruto de electrodos, lo que garantiza una alta densidad y resistencia mecánica.

Prensa isostática en frío (CIP)

La prensa isostática en frío aplica una presión uniforme (200 ~ 300 MPa) a través de un medio líquido (generalmente agua o aceite) para presionar el polvo en tiras en blanco con un diámetro de 10 ~ 20 mm. El equipo está equipado con una bomba de alta presión y un molde flexible, con un tiempo de retención de calor de 30 ~ 60 segundos y una densidad del 60% ~ 70% del valor teórico de la tira de palanquilla. Ventajas: densidad uniforme, sin concentración de tensiones; Desventajas: alto costo del equipo y mantenimiento complejo.

Prensa de calor

La prensa en caliente aplica una presión de 50 ~ 100 MPa a 1000 ~ 1400 °C, que es adecuada para la formación preliminar de electrodos de alto rendimiento. El equipo está equipado con un molde de grafito y un sistema de vacío para evitar la oxidación. El proceso de prensado en caliente puede aumentar la densidad de la palanquilla a más del 80%. Ventajas: adecuado para lotes pequeños y producción de alta precisión; Desventajas: alto consumo de energía, rápido desgaste del molde.

6.2.3 Horno de sinterización al vacío de alta temperatura y horno de atmósfera

El equipo de sinterización es el núcleo de la preparación de electrodos de itrio y tungsteno y se utiliza para mejorar la densidad y las propiedades mecánicas de los electrodos.

Horno de sinterización al vacío de alta temperatura

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

El horno de sinterización al vacío funciona en un entorno de vacío de $10^{-3} \sim 10^{-5}$ Pa, con una temperatura de sinterización de $2000 \sim 2400^{\circ}\text{C}$, una velocidad de calentamiento de $5 \sim 10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ y un tiempo de mantenimiento de 24 horas. El equipo utiliza elementos calefactores de molibdeno o tungsteno para garantizar la estabilidad a altas temperaturas. El entorno de vacío reduce la adsorción de impurezas de gas y la densidad de electrodos puede alcanzar más del 98%. Ventajas: Alta pureza, adecuado para electrodos de alta gama; Desventajas: Alto costo del equipo y mantenimiento complejo del sistema de vacío.

Horno de atmósfera de gas hidrógeno

El horno de atmósfera de hidrógeno funcionó a $1800 \sim 2200^{\circ}\text{C}$, el caudal de hidrógeno fue de $10 \sim 20 \text{ L} / \text{min}$ y el contenido de oxígeno se controló a $<10 \text{ ppm}$. El equipo está equipado con un termómetro infrarrojo y un analizador de gases para monitorear las condiciones de sinterización en tiempo real. La protección con hidrógeno evita la oxidación del polvo de tungsteno y promueve la distribución uniforme del óxido de itrio. Ventajas: bajo costo, adecuado para la producción en masa; Desventajas: La pureza del hidrógeno debe controlarse estrictamente.

El sistema de control de la atmósfera está equipado con un analizador de gases de alta precisión (que detecta el contenido de oxígeno $<1 \text{ ppm}$) y un controlador de flujo para garantizar la estabilidad de la atmósfera sinterizada. Ventajas: Mejora la consistencia de la calidad del electrodo; Desventajas: Requiere calibración regular.

6.3 Equipos de procesamiento y conformado para electrodos de itrio y tungsteno

El equipo de procesamiento y formación procesa las tiras en blanco sinterizadas en varillas de electrodo estándar, lo que garantiza la precisión dimensional y la calidad de la superficie.

6.3.1 Máquina de calandrado y embutición de precisión

Calandra caliente La calandra caliente reduce el diámetro de la palanquilla de $10 \sim 20 \text{ mm}$ a $3 \sim 5 \text{ mm}$ a $1400 \sim 1600^{\circ}\text{C}$. El equipo adopta un laminado de múltiples pasadas ($5 \sim 10$ pasadas) y está equipado con un sistema de protección de gas inerte (caudal de argón $10 \sim 15 \text{ L} / \text{min}$). El material del rollo es una aleación de tungsteno-molibdeno, que es resistente a altas temperaturas y al desgaste. Ventajas: alta eficiencia, adecuado para la producción en masa; Desventajas: Se requiere un control preciso de la temperatura para evitar la oxidación de la superficie.

Máquina de dibujo de precisión

La máquina de dibujo de precisión tira de la varilla de la calandra al diámetro objetivo ($0,5 \sim 4,8 \text{ mm}$) con una tolerancia $\pm 0,05 \text{ mm}$. El equipo utiliza moldes de diamante, velocidad de estirado de $0,52 \text{ m}/\text{min}$, y el lubricante es emulsión de grafito o lubricante a base de molibdeno. El proceso de estirado está equipado con un sistema de control de tensión para garantizar una superficie lisa del electrodo. Ventajas: alta precisión dimensional; Desventajas: El desgaste del molde debe reemplazarse regularmente.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

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

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

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

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

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

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

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

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

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

6. Procurement Information

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

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2024V
sales@chinatungsten.com

6.3.2 Equipo de esmerilado y pulido CNC

Rectificadora CNC La rectificadora CNC se utiliza para dar forma a la punta del electrodo (ángulo $15^{\circ} \sim 60^{\circ}$, radio de punta $0,1 \sim 0,5$ mm). El equipo adopta una muela abrasiva de diamante, con una precisión de procesamiento de ± 0.01 mm y una velocidad de rotación de $1000 \sim 5000$ rpm. Los sistemas CNC están programados para controlar las formas de las puntas, lo que garantiza la consistencia. Ventajas: Alta precisión, adecuado para diseños complejos de vanguardia; Desventajas: Velocidad de procesamiento más lenta.

Pulidora electroquímica

El pulidor electroquímico pule la superficie del electrodo con un electrolito (generalmente una mezcla de ácido sulfúrico y ácido fosfórico) y una fuente de alimentación de CC (voltaje $5 \sim 15$ V) con una rugosidad objetivo de $Ra < 0.4$ μ m. El equipo está equipado con un sistema automático de mezcla y control de temperatura, y el tiempo de pulido es de $10 \sim 30$ segundos. Ventajas: alto acabado superficial, deriva de arco reducida; Desventajas: El electrolito debe tratarse regularmente.

6.3.3 Equipos de corte por láser y conformación de electrodos

Máquina de corte por láser

La cortadora láser utiliza un láser de fibra (potencia 13 kW) para cortar la varilla del electrodo a longitudes estándar ($50 \sim 175$ mm). El equipo está equipado con un sistema de enfriamiento para evitar microfisuras causadas por el estrés térmico. La precisión de corte $\pm 0,1$ mm y el corte es plano y sin rebabas. Ventajas: Alta precisión, adecuada para longitudes no estándar; Desventajas: Alto costo del equipo.

Máquina de conformación de electrodos

Las máquinas de conformación se utilizan para procesar electrodos de formas especiales (como electrodos curvos o cónicos) utilizando tornos CNC o accesorios especializados. El equipo admite un diseño personalizado con una precisión de mecanizado $\pm 0,05$ mm. Ventajas: alta flexibilidad para satisfacer necesidades especiales; Desventajas: ciclo de producción largo.

6.4 Equipos de inspección y control de calidad para electrodos de itrio y tungsteno

El equipo de prueba de calidad se utiliza para garantizar que la composición química, la microestructura y el rendimiento de los electrodos de itrio y tungsteno cumplan con los estándares.

6.4.1 Equipo de análisis de composición química (ICP-MS, XRF)

Espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) ICP-MS se utiliza para detectar la pureza y el contenido de impurezas (Fe, Ca, Si, etc.) del tungsteno y el óxido de itrio con un límite de detección de < 1 ppb y un tiempo de análisis de < 5 minutos. El equipo está equipado con un sistema automático de inyección de muestras para respaldar las pruebas por lotes. Ventajas: Alta sensibilidad, adecuada para el análisis de oligoelementos; Desventajas: Operación compleja y trabajo profesional.

Espectroscopia de fluorescencia de rayos X (XRF) XRF se utiliza para detectar de forma no destructiva la uniformidad del contenido de óxido de itrio y la distribución de los electrodos con una precisión $\pm 0,05\%$. El equipo admite un escaneo rápido (< 1 minuto) y es adecuado para el

monitoreo en tiempo real en la línea de producción. Ventajas: rápido y sin pérdidas; Desventajas: Baja sensibilidad a la detección de elementos ligeros.

6.4.2 Equipos de análisis de microestructura y morfología (SEM, TEM)

Se utilizó microscopía electrónica de barrido (SEM) SEM para observar el tamaño de grano (objetivo 5 ~ 10 μm), la porosidad (<1%) y la distribución de óxido de itrio de los electrodos. El dispositivo tiene una resolución < 1 nm y está equipado con un accesorio de espectroscopia de dispersión de energía (EDS) para analizar la distribución elemental. Ventajas: Visualización intuitiva de la microestructura; Desventajas: largo tiempo de preparación de la muestra.

La microscopía electrónica de transmisión (TEM) TEM se utiliza para analizar la distribución y la estructura cristalina de las partículas de óxido de itrio a nanoescala con una resolución < 0,1 nm. El equipo es adecuado para estudiar las propiedades microscópicas de los electrodos nanodopados. Ventajas: alta resolución; Desventajas: Equipos costosos y operación compleja.

6.4.3 Equipo de prueba de rendimiento (estabilidad del arco, probador de tasa de quemado)

Probador de estabilidad de arco El probador simula las condiciones de soldadura TIG (corriente 50 ~ 300 A, caudal de argón 10 ~ 15 L / min) y mide la tasa de deriva del arco (objetivo <5%) y el voltaje de arranque del arco (10 ~ 15 V). El equipo está equipado con una fuente de alimentación de alta frecuencia y un analizador de espectro para registrar la intensidad y estabilidad de la luz del arco. Ventajas: Simulación realista del entorno de soldadura; Desventajas: Mayores costos de prueba.

Probador de tasa de quemado El probador de tasa de quemado mide la pérdida de masa del electrodo en condiciones de soldadura estándar (200 A, 1 hora) con una tasa de quemado objetivo < 0,2 mg / min. El equipo está equipado con una balanza de alta precisión (precisión $\pm 0,01$ mg) y un sistema de monitoreo de temperatura. Ventajas: Medición precisa de la vida útil; Desventajas: Ciclo de prueba largo.

6.5 Equipo de producción inteligente para electrodos de itrio y tungsteno

Los equipos de producción inteligentes mejoran la eficiencia de la producción y la consistencia de la calidad a través de la automatización y el análisis de datos.

6.5.1 Líneas de producción automatizadas y robots industriales

Línea de producción automatizada La línea de producción automatizada integra equipos de molienda, dopaje, conformado, sinterización y procesamiento para lograr una producción continua a través de cintas transportadoras y sistemas PLC. La línea de producción admite la operación paralela de múltiples estaciones y la producción puede alcanzar 1000 ~ 5000 piezas / día. Ventajas: alta eficiencia, bajo costo de obra; Desventajas: gran inversión inicial.

Robots industriales Los robots industriales se utilizan para la carga y descarga de polvo, la manipulación de palanquillas y el envasado de electrodos. El robot de seis ejes (carga 5 ~ 20 kg) está equipado con un sistema de reconocimiento de visión con una precisión de posicionamiento de $\pm 0,1$ mm, que es adecuado para operaciones de alta precisión. Ventajas: alta flexibilidad, reducción

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

del error manual; Desventajas: Altos costos de mantenimiento.

6.5.2 Sistema de control de calidad y análisis de datos en línea

Sistema de monitoreo en línea

El sistema de monitoreo en línea integra un termómetro infrarrojo (precisión $\pm 1^{\circ}\text{C}$), un analizador de gases (contenido de oxígeno $< 1\text{ ppm}$) y XRF para monitorear la temperatura de sinterización, la pureza de la atmósfera y la uniformidad del dopaje en tiempo real. El sistema carga datos en la nube a través de la tecnología de Internet de las cosas (IoT) para generar informes en tiempo real. Ventajas: retroalimentación rápida, reducción de defectos; Desventajas: Requiere soporte de red estable.

Sistema de análisis de datos

El sistema de análisis de datos analiza la relación entre los parámetros del proceso (temperatura, presión, relación de dopaje) y el rendimiento del electrodo (tasa de quemado, estabilidad del arco) basándose en algoritmos de aprendizaje automático para optimizar los parámetros de producción. El sistema predice tasas de defectos de hasta $< 1\%$. Ventajas: optimización inteligente; Desventajas: Requiere una gran cantidad de datos históricos para respaldarlo.



Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Capítulo 7 Normas nacionales y extranjeras para electrodos de itrio y tungsteno

Como material de soldadura de alto rendimiento, la calidad y el rendimiento de los electrodos de itrio y tungsteno están sujetos a una estricta gestión estandarizada. Las normas nacionales y extranjeras regulan la producción, prueba y aplicación de electrodos de itrio y tungsteno a través de clasificaciones claras, requisitos de rendimiento y métodos de prueba. Este capítulo analiza en detalle los estándares internacionales, los estándares nacionales, las comparaciones de estándares y las tendencias de desarrollo de los electrodos de itrio y tungsteno.

7.1 Estándar internacional para electrodos de itrio y tungsteno

Las normas internacionales proporcionan especificaciones técnicas unificadas para la fabricación y aplicación de electrodos de itrio y tungsteno, que incluyen principalmente normas relevantes de la Organización Internacional de Normalización (ISO), la Sociedad Americana de Soldadura (AWS) y el Comité Europeo de Normalización (EN). Estos estándares detallan la composición química, las tolerancias dimensionales, las pruebas de rendimiento y los requisitos de marcado para los electrodos de itrio y tungsteno.

7.1.1 ISO 6848: Clasificación y requisitos técnicos para electrodos de tungsteno

ISO 6848:2015 "Consumibles de soldadura - Electrodos de tungsteno no consumibles para soldadura por arco" es una norma internacional para electrodos de tungsteno, adecuada para procesos como la soldadura por arco de tungsteno argón (soldadura TIG) y la soldadura por arco de plasma. La norma clasifica y realiza claramente los electrodos de itrio y tungsteno (WY20).

Clasificación e identificación: Los electrodos de tungsteno de itrio se clasifican como WY20, con un contenido de óxido de itrio (Y_2O_3) de 1,8% ~ 2,2% (fracción de masa), y la punta del electrodo está marcada con un revestimiento azul. La norma también especifica la clasificación de otros electrodos dopados con tierras raras (como tungsteno lantano, tungsteno de cerio) para garantizar la distinción entre diferentes tipos de electrodos. Los requisitos de identificación incluyen el modelo del electrodo, el tamaño, el lote de producción y la información del fabricante, a menudo en forma de grabado láser o etiquetas de empaque.

Composición química: Se requiere que la pureza de la matriz de tungsteno $\geq$ del 99,5% y el contenido total de impurezas (como hierro, silicio, carbono) $< 0,05\%$. La distribución uniforme del óxido de itrio se detectó mediante espectroscopia de fluorescencia de rayos X (XRF) o espectroscopia de dispersión de energía (EDS) con una desviación de contenido del $\leq \pm 0,1\%$.

Dimensiones y tolerancias: el diámetro del electrodo varía de 0,5 ~ 6,4 mm, tolerancia $\pm 0,05$ mm; El rango de longitud es de 50 ~ 175 mm y la tolerancia es de ± 1 mm. La superficie debe ser lisa, libre de grietas, inclusiones o capas de óxido, con una rugosidad de $Ra < 0,4 \mu m$.

Requisitos de rendimiento:

Rendimiento de arranque de arco: voltaje de arranque de arco < 15 V, tasa de deriva de arco $< 5\%$,

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

las condiciones de prueba son polaridad positiva de CC (DCEN), corriente 50 ~ 200 A.

Tasa de quemado: En condiciones de soldadura de CC de 200 A, la tasa de quemado < de 0,2 mg / min.

Propiedades mecánicas: dureza Vickers (HV) 400 ~ 450, resistencia a la tracción > 1000 MPa.

Métodos de prueba: La norma especifica métodos específicos para el análisis de composición química (ICP-MS), pruebas de microestructura (SEM), pruebas de estabilidad de arco y pruebas de tasa de quemado. La prueba debe realizarse en condiciones de soldadura estándar (caudal de argón 10 ~ 15 L / min).

La norma ISO 6848 proporciona un marco unificado para la producción y el comercio mundial de electrodos de itrio y tungsteno, que se utilizan ampliamente en la industria aeroespacial, energética y de automoción. Sus estrictos requisitos de rendimiento garantizan la fiabilidad del electrodo en la soldadura de alta precisión.

7.1.2 AWS A5.12: Especificaciones y rendimiento del electrodo de tungsteno

AWS A5.12: 2009 "Especificación para electrodos de tungsteno dispersos de tungsteno y óxido para soldadura por arco" es un estándar de electrodos de tungsteno desarrollado por la Sociedad Estadounidense de Soldadura y ampliamente utilizado en el mercado norteamericano. Las especificaciones y los requisitos de rendimiento de los electrodos de itrio y tungsteno (EWY-2) son muy consistentes con la norma ISO 6848, pero prestan más atención a las aplicaciones prácticas en algunos detalles.

Clasificación e identificación: Los electrodos de itrio y tungsteno están etiquetados como EWY-2, con un contenido de óxido de itrio del 1,8% ~ 2,2%, y el extremo está pintado de azul. El estándar requiere que el empaque del electrodo esté claramente marcado con la clasificación, el tamaño y el número de lote de AWS para facilitar la identificación del usuario.

Composición química: se requiere que la pureza del tungsteno sea $\geq 99,5\%$ y la desviación del contenido de óxido de itrio es $\leq \pm 0,1\%$. La norma pone especial énfasis en el control de impurezas (por ejemplo, molibdeno, hierro) y requiere la detección de ICP-MS o XRF.

Dimensiones: rango de diámetro 0.5 ~ 6.4 mm, tolerancia ± 0.05 mm; La longitud es de 50 ~ 175 mm y la tolerancia es de ± 1 mm. El estándar también permite longitudes personalizadas, sujetas a mutuo acuerdo.

Requisitos de rendimiento:

Estabilidad del arco: A 100 ~ 300 A de corriente, la tasa de deriva del arco es del $< 5\%$ y el tiempo de inicio del arco es $< 0,1$ segundos.

Tasa de agotamiento: En una prueba de 200 A y 1 hora, la tasa de agotamiento < de 0,2 mg / min.

Calidad de la superficie: Sin grietas, óxidos o manchas de aceite en la superficie del electrodo, rugosidad $Ra < 0,4 \mu m$.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Pruebas y certificación: AWS A5.12 requiere que los fabricantes proporcionen informes de pruebas de rendimiento, incluido el inicio del arco, la tasa de agotamiento y la resistencia a la fluencia a alta temperatura. Un organismo de certificación, como AWS o un laboratorio de terceros, puede tomar muestras de los electrodos para realizar pruebas.

AWS A5.12 tiene una amplia presencia en el mercado norteamericano, especialmente en las industrias aeroespacial y de defensa, donde los fabricantes deben cumplir estrictamente con los estándares para cumplir con los requisitos de los clientes.

7.1.3 EN 26848: Norma europea para electrodos de tungsteno

La norma EN 26848:1991 es una norma para electrodos de tungsteno desarrollada por el Comité Europeo de Normalización, que es en gran medida coherente con la norma ISO 6848, pero tiene aplicaciones específicas en el mercado europeo. La norma especifica la clasificación, el rendimiento y los métodos de prueba del electrodo de itrio y tungsteno (WY20).

Clasificación e identificación: El electrodo de tungsteno de itrio está marcado como WY20, el contenido de óxido de itrio es del 1,8% ~ 2,2% y el extremo está pintado de azul. La norma requiere que la superficie o el embalaje del electrodo estén claramente etiquetados con el modelo y la información del fabricante.

Composición química: Pureza de la matriz de tungsteno $\geq 99,5\%$, contenido de impurezas $< 0,05\%$. La uniformidad de distribución del óxido de itrio debe ser detectada por EDS, y la desviación $\leq \pm 0,1\%$.

Dimensiones y tolerancias: diámetro 0,5 ~ 6,4 mm, tolerancia $\pm 0,05$ mm; La longitud es de 50 ~ 175 mm y la tolerancia es de ± 1 mm. La norma permite tamaños no estándar, sujetos a requisitos contractuales.

Requisitos de rendimiento:

Rendimiento de arco: voltaje de arranque de arco < 15 V, adecuado para soldadura de CC y CA.

Estabilidad del arco: a 100 ~ 200 A, la tasa de deriva del arco $< 5\%$.

Tasa de agotamiento: A 200 A CC, la tasa de agotamiento $< 0,2$ mg / min.

Métodos de prueba: La norma especifica procedimientos específicos para el análisis de composición química (ICP-MS), la inspección de la calidad de la superficie (observación microscópica) y las pruebas de rendimiento del arco. Las pruebas se realizan en equipos de soldadura TIG estándar.

La norma EN 26848 se utiliza ampliamente en el mercado europeo para la fabricación de automóviles, la industria naval y la producción de equipos energéticos, y sus requisitos son altamente compatibles con la norma ISO 6848 para facilitar el comercio internacional.

7.2 Normas nacionales para electrodos de itrio y tungsteno

Como el mayor productor mundial de electrodos de tungsteno, China ha formulado una serie de

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

estándares nacionales y estándares de la industria para regular la producción y aplicación de electrodos de tungsteno de itrio. Estas normas establecen requisitos técnicos más específicos basados en normas internacionales y combinados con la producción nacional real.

7.2.1 GB/T 4192: Condiciones técnicas para electrodos de tungsteno

GB / T 4192-2017 "Electrodo de tungsteno" es un estándar nacional chino para electrodos de tungsteno para soldadura TIG y soldadura por arco de plasma, incluidos los electrodos de tungsteno de itrio (WY20).

Clasificación e identificación: El electrodo de tungsteno de itrio está marcado como WY20, el contenido de óxido de itrio es del 1,8% ~ 2,2% y el extremo está pintado de azul. La norma también incluye modelos no estándar como WY10 (óxido de itrio al 1%), que deben marcarse con el modelo, el tamaño y el número de lote en el envase.

Composición química: Pureza de tungsteno $\geq 99,5\%$, impurezas totales (como hierro, silicio) $< 0,05\%$. La desviación del contenido de óxido de itrio $< \pm 0,1\%$ y se detectó mediante XRF o ICP-MS.

Dimensiones y tolerancias: diámetro 0,5 ~ 6,4 mm, tolerancia $\pm 0,05$ mm; La longitud es de 50 ~ 175 mm y la tolerancia es de ± 1 mm. La superficie debe estar libre de grietas e inclusiones, y la rugosidad $Ra < 0,4 \mu m$.

Requisitos de rendimiento:

Rendimiento de arranque del arco: Voltaje de arranque del arco < 15 V, tiempo de inicio del arco $< 0,1$ segundos.

Estabilidad del arco: a 100 ~ 300 A, la tasa de deriva del arco $< 5\%$.

Tasa de agotamiento: A 200 A CC, la tasa de agotamiento $< 0,2$ mg / min.

Propiedades mecánicas: dureza HV 400 ~ 450, resistencia a la tracción > 1000 MPa.

Métodos de prueba: La norma especifica métodos específicos para el análisis de composición química (ICP-MS), pruebas de microestructura (SEM), pruebas de estabilidad de arco y pruebas de tasa de quemado. El equipo de prueba debe cumplir con las normas nacionales de metrología.

GB / T 4192 es el estándar central de la industria de electrodos de tungsteno de China, ampliamente utilizado en los campos nacionales aeroespacial, energético y de fabricación de automóviles.

7.2.2 JB/T 12706: Estándar para electrodos de tungsteno para soldadura

JB / T 12706-2016 "Electrodo de tungsteno para soldadura" es un estándar de la industria mecánica, adecuado para equipos de soldadura por arco de plasma y TIG, que complementa algunos requisitos de GB / T 4192.

Clasificación e identificación: Electrodo de tungsteno de itrio marcado WY20, extremo pintado de

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

azul. La norma requiere que el empaque del electrodo indique el modelo, el tamaño, la fecha de fabricación y la información del fabricante.

Composición química: pureza de tungsteno $\geq 99,5\%$, contenido de óxido de itrio $1,8\% \sim 2,2\%$. La norma enfatiza el control de impurezas (por ejemplo, el carbono $< 0,01\%$), que debe verificarse mediante análisis químicos.

Dimensiones y tolerancias: diámetro $0,5 \sim 6,4$ mm, tolerancia $\pm 0,05$ mm; La longitud es de $50 \sim 175$ mm y la tolerancia es de ± 1 mm. Se permiten tamaños personalizados no estándar.

Requisitos de rendimiento:

Rendimiento de arco: voltaje de arranque de arco < 15 V, adecuado para soldadura de CC y CA.

Estabilidad del arco: a $50 \sim 200$ A, la tasa de deriva del arco $< 5\%$.

Tasa de agotamiento: A 200 A, la tasa de agotamiento $< 0,2$ mg / min.

Pruebas y certificación: La norma requiere que los fabricantes proporcionen certificados de calidad, incluida la composición química, la precisión dimensional y el rendimiento del arco. Se pueden certificar organismos de prueba de terceros.

JB / T 12706 se usa ampliamente en el campo de la construcción de maquinaria, especialmente en pequeñas y medianas empresas, y es popular debido a sus requisitos relativamente flexibles.

7.2.3 Normas y especificaciones específicas de la industria

Además de los estándares nacionales, algunas industrias en China han desarrollado especificaciones especiales que presentan requisitos adicionales para los electrodos de tungsteno de itrio para escenarios de aplicación específicos:

Industria aeroespacial: Los estándares de la industria aeronáutica china (como la serie HB) requieren que los electrodos de itrio-tungsteno tengan una mayor estabilidad al arco y una baja volatilidad en la soldadura de aleaciones de titanio y aleaciones a base de níquel, con una tasa de quemado de $< 0,15$ mg / min y una tasa de liberación de gas de $< 10^{-6}$ Pa· en un entorno de vacío m^3/s .

Industria nuclear: Los estándares de la industria nuclear (como la serie HJB) enfatizan la resistencia a la corrosión y la no radiactividad de los electrodos, con una desviación del contenido de óxido de itrio $< \pm 0,05\%$ para garantizar la estabilidad a largo plazo de las soldaduras en entornos de alta temperatura y alta presión.

Industria de la construcción naval: Las especificaciones de la industria marina requieren que los electrodos de itrio y tungsteno tengan una excelente resistencia a la corrosión en entornos de alta humedad que contengan cloro, y la superficie debe estar especialmente pulida ($R_a < 0,2 \mu\text{m}$).

Estos estándares de la industria generalmente se basan en GB / T 4192, pero agregan requisitos de prueba específicos de la aplicación, como pruebas de resistencia a la corrosión y pruebas de fatiga a alta temperatura.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

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

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

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

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

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

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

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

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

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

6. Procurement Information

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

7.3 Comparación estándar y aplicación del electrodo de itrio y tungsteno

7.3.1 Diferencias y aplicabilidad de las normas nacionales y extranjeras

Existen ciertas diferencias en la clasificación, los requisitos de rendimiento y los métodos de prueba de los electrodos de tungsteno de itrio en el país y en el extranjero, que se reflejan principalmente en los siguientes aspectos:

Requisitos de composición química: ISO 6848 y AWS A5.12 tienen requisitos más estrictos para el contenido de impurezas ($<0,05\%$), mientras que GB/T 4192 permite límites de impurezas ligeramente más altos ($<0,1\%$) para adaptarse a la situación real de las materias primas nacionales. La norma EN 26848 es coherente con la norma ISO 6848, pero tiene un control más laxo sobre los oligoelementos como el carbono.

Dimensiones y tolerancias: Las normas internacionales (ISO, AWS, EN) se alinean con los requisitos de tolerancias de diámetro ($\pm 0,05$ mm) y rugosidad superficial ($Ra < 0,4$ μ m), mientras que GB/T 4192 y JB/T 12706 permiten tamaños no estándar, adecuados para las diversas necesidades del mercado nacional.

Pruebas de rendimiento: ISO 6848 y AWS A5.12 requieren pruebas integrales de rendimiento del arco (por ejemplo, voltaje de arco, tasa de deriva) y especifican condiciones de soldadura estándar (caudal de argón 10 ~ 15 L / min). GB / T 4192 y JB / T 12706 tienen métodos de prueba similares, pero permiten condiciones de prueba más flexibles y son adecuados para pequeñas y medianas empresas.

Aplicabilidad:

Estándares internacionales: Aplicable al comercio global y aplicaciones de alta gama, como las industrias aeroespacial y nuclear, enfatizando la consistencia del rendimiento y los requisitos de certificación.

Estándar nacional: producción más rentable y práctica, adecuada para pequeñas y medianas empresas nacionales y aplicaciones industriales generales.

Estándares de la industria: requisitos más altos para campos específicos (por ejemplo, aviación, industria nuclear), adecuados para entornos exigentes y de alta precisión.

7.3.2 El papel rector de las normas en el proceso de producción

Las normas nacionales y extranjeras proporcionan una guía importante sobre el proceso de producción de electrodos de itrio y tungsteno a través de indicadores de rendimiento y métodos de prueba claros:

Preparación de materias primas: La norma exige tungsteno de alta pureza ($\geq 99,5\%$) y óxido de itrio ($\geq 99,99\%$), lo que lleva a los fabricantes a adoptar equipos de purificación avanzados (p. ej., extracción por solvente, secado por aspersión) y métodos de inspección de calidad (p. ej., ICP-MS).

Dopaje y sinterización: El requisito de la norma para la uniformidad de la distribución del óxido de itrio (desviación $\leq \pm 0,1\%$) impulsa la aplicación de técnicas de dopaje por pulverización y

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

sinterización al vacío para garantizar la consistencia microestructural de los electrodos.

Mecanizado y conformado: Las tolerancias dimensionales estándar ($\pm 0,05$ mm) y la rugosidad de la superficie ($R_a < 0,4$ μ m) requieren que los fabricantes utilicen máquinas de dibujo de precisión y equipos de rectificado CNC para mejorar la precisión del mecanizado.

Control de calidad: Las múltiples pruebas requeridas por la norma (como la estabilidad del arco, la tasa de quemado) han llevado a los fabricantes a introducir SEM, XRF y otros equipos de prueba para establecer un sistema integral de gestión de calidad.

Por ejemplo, el requisito de tasa de quemado de la norma ISO 6848 ($< 0,2$ mg/min) impulsa la optimización de los hornos de sinterización a alta temperatura con un control preciso de la temperatura (± 5 °C) y la gestión de la atmósfera (contenido de oxígeno < 10 ppm).

7.3.3 La función normativa de las normas en los escenarios de aplicación

La norma regula el uso de electrodos de itrio y tungsteno en diferentes escenarios de aplicación a través de requisitos de rendimiento y seguridad:

Aeroespacial: ISO 6848 y AWS A5.12 requieren que los electrodos tengan una excelente estabilidad de arco y baja volatilidad en entornos de alta corriente (> 200 A) y vacío, lo que garantiza una alta resistencia y hermeticidad de las soldaduras de aleación a base de titanio y níquel.

Industria nuclear: GB / T 4192 y los estándares de la industria requieren que los electrodos no sean radiactivos y resistentes a la corrosión, sean adecuados para soldar recipientes a presión de reactores y eviten que las soldaduras fallen a altas temperaturas y presiones.

Fabricación automotriz: Los requisitos de tamaño flexible de JB / T 12706 respaldan la personalización de electrodos no estándar, satisfaciendo las diversas necesidades de soldadura de láminas de carrocería.

Microelectrónica: Los requisitos estándar para la precisión de los microelectrodos (diámetro 0.5 ~ 1.0 mm) han promovido la aplicación de técnicas de pulido electroquímico y rectificado CNC para garantizar la precisión de la microsoldadura.

La norma también especifica los requisitos de embalaje, almacenamiento y transporte de los electrodos, como exigir un embalaje a prueba de humedad y resistente a los golpes y un etiquetado claro para reducir el riesgo de daños durante el transporte.

7.4 Tendencia de desarrollo estándar del electrodo de itrio y tungsteno

Con el desarrollo continuo de nuevos materiales, nuevos procesos y requisitos de protección ambiental, los estándares para los electrodos de itrio y tungsteno también se actualizan continuamente para satisfacer las necesidades de la industria y los avances tecnológicos.

7.4.1 El impacto de los nuevos materiales y procesos en las normas

Tecnología de dopaje a nanoescala: la aplicación de óxido de nanoitrio (tamaño de partícula 10 ~ 100 nm) mejora la estabilidad del arco y la resistencia al desgaste del electrodo. Los estándares futuros pueden agregar una clasificación de electrodos nanodopados (por ejemplo, WY-Nano) y especificar distribuciones de tamaño de partícula más estrictas (desviación $< \pm 10$ nm) y métodos de

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

prueba de rendimiento (por ejemplo, análisis TEM).

Electrodos de dopaje compuesto: como los electrodos de itrio y tungsteno, son dopaje compuesto con óxido de lantano u óxido de cerio (como WX4) para mejorar el rendimiento integral. Las normas pueden introducir clasificaciones e indicadores de rendimiento para los electrodos dopados compuestos, como la resistencia a la fluencia (velocidad de fluencia $<10^{-6} \text{ s}^{-1}$) y la eficiencia de emisión termoiónica.

Procesos de fabricación avanzados: La aplicación de sinterización por plasma de descarga (SPS) y técnicas de fabricación inteligente mejora la densidad ($>99\%$) y la consistencia de los electrodos. Los estándares futuros pueden aumentar los requisitos de tamaño de grano ($<5 \mu\text{m}$) y tasa de defectos ($<0,5\%$) para los electrodos SPS.

Estas nuevas tecnologías y materiales requieren estándares para actualizar los métodos de prueba, como la adición de análisis TEM de alta resolución y monitoreo del rendimiento del arco en tiempo real, para validar el rendimiento de los nuevos electrodos.

7.4.2 Actualizaciones de las normas de protección y seguridad del medio ambiente

Los requisitos de protección ambiental y seguridad son impulsores importantes de las actualizaciones de estándares. La radiactividad de los electrodos de tungsteno de torio ha promovido la aplicación generalizada de electrodos de tungsteno de itrio, y los estándares futuros fortalecerán aún más la protección ambiental y las especificaciones de seguridad:

Certificación libre de radiactividad: Los estándares pueden requerir que los fabricantes proporcionen certificados libres de radiactividad (como informes de pruebas de rayos gamma) para garantizar que los electrodos cumplan con los estándares de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Especificaciones de reciclaje de residuos: Los estándares futuros pueden especificar la tasa de reciclaje ($>90\%$) de los electrodos de itrio y tungsteno y los procesos de eliminación de desechos para reducir la contaminación ambiental.

Requisitos de salud ocupacional: La norma puede agregar límites de emisión de humos de soldadura (p. ej., $<0.1 \text{ mg/m}^3$) y requisitos de protección operativa (p. ej., ventilación forzada y equipo de protección) para proteger la salud de los operadores.

Además, a medida que las regulaciones ambientales globales se endurecen (como la directiva RoHS de la UE), los estándares pueden requerir que el consumo de energía y las emisiones de líquidos residuales en el proceso de producción de electrodos cumplan con límites específicos, promoviendo la aplicación de tecnologías de fabricación ecológicas.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal



Capítulo 8 Tecnología de detección de electrodos de itrio y tungsteno

Como material de soldadura de alto rendimiento, la calidad del electrodo de itrio y tungsteno afecta directamente el efecto de soldadura y la confiabilidad de la aplicación. La tecnología de detección garantiza que los electrodos cumplan con las normas internacionales y nacionales (por ejemplo, ISO 6848, AWS A5.12, GB/T 4192) a través de una evaluación exhaustiva de la composición química, las propiedades físicas, las propiedades eléctricas, la microestructura y la seguridad ambiental. Este capítulo analiza en detalle la tecnología de detección de electrodos de itrio y tungsteno, cubriendo química, física, electricidad, microestructura y seguridad ambiental, e introduce equipos relacionados y tecnologías emergentes.

8.1 Detección de la composición química de los electrodos de itrio y tungsteno

Las pruebas de composición química son el núcleo del control de calidad de los electrodos de itrio y tungsteno, centrándose en la uniformidad del contenido de óxido de itrio, los elementos de impurezas y la distribución de componentes para garantizar la estabilidad y el rendimiento del electrodo en entornos de arco de alta temperatura.

8.1.1 Medición precisa del contenido de óxido de itrio

El contenido de óxido de itrio (Y_2O_3) es el índice clave del electrodo de itrio y tungsteno (WY20), y el estándar requiere un contenido de 1,8% ~ 2,2% (fracción de masa), con una desviación de $\leq \pm$

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

0,1%. La medición precisa del contenido de óxido de itrio requiere técnicas analíticas altamente sensibles.

Espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS)

ICP-MS detecta la fracción de masa de itrio mediante ionización plasmática de la muestra, con un límite de detección de < 1 ppb y una precisión de $\pm 0,01\%$. La muestra debe disolverse con ácido nítrico o ácido fluorhídrico, y el tiempo de análisis es de aproximadamente 5 minutos. ICP-MS es capaz de detectar niveles de óxido de tungsteno e itrio para análisis de laboratorio de alta precisión. Ventajas: Alta sensibilidad, adecuada para el análisis de oligoelementos; Desventajas: Preparación compleja de muestras y alto costo del equipo.

Espectroscopia de fluorescencia de rayos X (XRF)

XRF excita la superficie de la muestra con rayos X, analiza la intensidad de fluorescencia característica del itrio y el tungsteno y mide el contenido de óxido de itrio con una precisión del $\pm 0,05\%$. XRF es una prueba no destructiva con un tiempo de análisis de < 1 minuto, lo que la hace adecuada para una inspección rápida en la línea de producción. Ventajas: rápido y sin pérdidas; Desventajas: Menos sensible a los elementos ligeros.

Método de valoración química

La titulación química mide el contenido de itrio mediante reacción ácido-base o reacción de complejación con una precisión $\pm 0,1\%$. Aunque el método es tradicional, es adecuado para pequeñas y medianas empresas, con bajo costo y operación simple. Ventajas: bajo costo, fácil de operar; Desventajas: Baja precisión y mayor tiempo.

Se tomaron múltiples muestras (al menos 3 ubicaciones diferentes) durante el proceso de medición para garantizar que el contenido de óxido de itrio fuera representativo. El estándar requiere una desviación del $\leq \pm 0,1\%$ para garantizar un rendimiento constante del electrodo.

8.1.2 Elementos de impurezas y análisis de trazas

Los elementos de impurezas (como hierro, silicio, carbono, calcio) tienen un impacto significativo en la estabilidad del arco y la tasa de quemado de los electrodos de itrio y tungsteno, y el estándar requiere un contenido total de impurezas del $< 0,05\%$. El análisis de trazas requiere el uso de equipos altamente sensibles.

ICP-MS

ICP-MS puede detectar una amplia gama de elementos de impurezas (Fe, Si, C, Ca, etc.) con un límite de detección de $< 0,1$ ppb, lo que lo hace adecuado para el análisis de trazas. La muestra debe disolverse por completo y el tiempo de análisis es de aproximadamente 5 ~ 10 minutos. Ventajas: detección simultánea de múltiples elementos, alta precisión; Desventajas: Preparación compleja de muestras.

Espectrometría de masas de descarga luminosa (GD-MS)

Se utilizó GD-MS para ionizar la superficie de la muestra mediante descarga luminosa para analizar

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

elementos traza con un límite de detección de $< 0,01$ ppb. El dispositivo es adecuado para el análisis directo de electrodos de estado sólido sin necesidad de disolver la muestra. Ventajas: Alta sensibilidad, sin pérdidas; Desventajas: Equipos costosos y operación compleja.

Espectroscopia de absorción atómica (AAS)

El AAS se utiliza para detectar elementos de impurezas específicos (p. ej., Fe, Ca) con un límite de detección de < 1 ppm y una precisión $\pm 0,1\%$. El método es adecuado para el análisis de un solo elemento y es menos costoso. Ventajas: bajo costo, operación simple; Desventajas: Detectar elementos uno por uno, baja eficiencia.

El análisis de impurezas cubre la sección transversal y la superficie del electrodo para garantizar que no haya enriquecimiento local. El estándar requiere 50 ppm de $<$ de hierro, 20 ppm de $<$ de silicio y 10 ppm de $<$ de carbono para evitar la deriva del arco o un mayor agotamiento.

8.1.3 Detección de la uniformidad de la distribución de los componentes

La distribución uniforme del óxido de itrio afecta directamente la estabilidad del arco y las propiedades mecánicas del electrodo. El método de detección evalúa la distribución de la composición dentro y en la superficie del electrodo.

Espectroscopia de dispersión de energía (EDS)

EDS combinado con microscopía electrónica de barrido (SEM) analiza la distribución elemental de las secciones transversales de los electrodos mediante espectroscopia de energía de rayos X con una resolución de $< 1 \mu\text{m}$ y una precisión de $\pm 0,05\%$. El área de detección cubre el centro y el borde del electrodo para analizar la uniformidad de distribución del óxido de itrio. Ventajas: Visualización intuitiva de la distribución de elementos; Desventajas: Limitado a análisis superficiales o superficiales.

Microanálisis de sonda electrónica (EPMA)

EPMA utiliza la excitación por haz de electrones para analizar la distribución bidimensional del itrio y el tungsteno con una resolución $< 0,1 \mu\text{m}$ y una precisión del $\pm 0,01\%$. El equipo es adecuado para análisis de alta precisión con profundidades de detección de varias micras. Ventajas: Alta resolución, adecuada para muestras complejas; Desventajas: equipos caros, largo tiempo de análisis.

Tomografía de rayos X (XCT)

XCT escanea el interior del electrodo con rayos X para generar un mapa de composición 3D con una resolución $< 1 \mu\text{m}$. El dispositivo puede detectar la aglomeración o segregación de óxido de itrio y es adecuado para análisis no destructivos. Ventajas: Ensayos no destructivos 3D; Desventajas: alto costo de los equipos y procesamiento de datos complejos.

La prueba de uniformidad requirió que el contenido de óxido de itrio se desviara $\leq \pm 0,1\%$ y el área de aglomeración local $< 5\%$. Los resultados guían la optimización del proceso de dopaje y sinterización.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

8.2 Propiedades físicas de los electrodos de itrio y tungsteno

Las pruebas de propiedades físicas evalúan la densidad, la dureza, las propiedades mecánicas, la calidad de la superficie y las características de alta temperatura de los electrodos de itrio y tungsteno, lo que garantiza su estabilidad y durabilidad durante los procesos de soldadura.

8.2.1 Ensayo de densidad, dureza y propiedades mecánicas

Prueba de densidad

La densidad es el índice clave para medir la densidad de los electrodos, y el estándar requiere que esté cerca de la densidad teórica ($19,1 \sim 19,3 \text{ g/cm}^3$). El método de drenaje de Arquímedes utiliza una balanza electrónica de alta precisión (precisión $\pm 0,001 \text{ g}$) para calcular la densidad midiendo la masa del electrodo en aire y agua. Ventajas: simple y preciso; Desventajas: Se requieren múltiples mediciones para garantizar la consistencia. Las fábricas modernas también utilizan densímetros de rayos X para medir la densidad por intensidad de absorción de rayos X sin destruir muestras con una precisión $\pm 0,01 \text{ g/cm}^3$.

Prueba de dureza

La prueba de dureza Vickers (HV) utiliza una prueba de dureza Vickers, aplica una carga de 1050 N y mide la dureza de la sección transversal del electrodo, con un valor objetivo de 400450 HV. Los puntos de prueba cubren el centro y el borde del electrodo, lo que garantiza la uniformidad. Ventajas: alta precisión, que refleja la resistencia del material; Desventajas: Requiere la preparación de muestras planas.

Prueba de propiedades mecánicas

Los ensayos de resistencia a la tracción y a la flexión utilizan una máquina de ensayos de materiales universal con una carga de tracción o flexión de tres puntos aplicada con una resistencia a la tracción objetivo $> 1000 \text{ MPa}$ y una resistencia a la flexión $> 800 \text{ MPa}$. La prueba se realizó a temperatura ambiente y alta temperatura (1000°C) para evaluar la resistencia del electrodo a la deformación. Ventajas: Evaluación exhaustiva de las propiedades mecánicas; Desventajas: El equipo de prueba de alta temperatura es complejo.

8.2.2 Ensayos de calidad superficial y precisión dimensional

Prueba de rugosidad superficial

La rugosidad de la superficie ($Ra < 0,4 \mu\text{m}$) se mide mediante un perfilador de contactos o un escáner láser de superficies para detectar arañazos, óxidos o inclusiones en la superficie del electrodo. La resolución del dispositivo $< 0,01 \mu\text{m}$ y la longitud de escaneo es de $2 \sim 5 \text{ mm}$. Ventajas: Alta precisión, adecuada para la inspección en la línea de producción; Desventajas: Requiere calibración regular.

Inspección de precisión dimensional

La precisión dimensional (diámetro $\pm 0,05 \text{ mm}$, longitud $\pm 1 \text{ mm}$) se mide utilizando un medidor de diámetro láser de alta precisión o un calibrador digital. El medidor de diámetro láser escanea el diámetro del electrodo con una precisión de $\pm 0,01 \text{ mm}$ a través de un rayo láser, lo que lo hace adecuado para la inspección por lotes. Ventajas: rápido y sin pérdidas; Desventajas: Mayor costo

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

del equipo.

Examen microscópico

Los microscopios ópticos (aumento de $100 \sim 500 \times$) se utilizan para inspeccionar grietas, poros o inclusiones superficiales a una profundidad $< 10 \mu\text{m}$. Los defectos graves (por ejemplo, la longitud de la grieta $> 0,1 \text{ mm}$) deben rechazarse. Ventajas: intuitivo y sencillo; Desventajas: Limitado a la inspección de superficies.

8.2.3 Prueba de propiedades físicas a alta temperatura

Las pruebas de rendimiento a alta temperatura evalúan la estabilidad del electrodo en un entorno de soldadura ($> 2000^\circ\text{C}$).

Temperatura de recristalización a alta temperatura

La prueba utiliza un horno de alta temperatura ($2000 \sim 2500^\circ\text{C}$) para calentar el electrodo, combinado con un calorímetro diferencial de barrido (DSC) para medir la temperatura de recristalización y el objetivo $> 2000^\circ\text{C}$. La prueba se lleva a cabo bajo protección de argón contra la oxidación. Ventajas: refleja con precisión la estabilidad a altas temperaturas; Desventajas: largo tiempo de prueba.

Prueba de coeficiente de expansión térmica

El dilatómetro térmico mide el coeficiente de expansión térmica del electrodo a $20 \sim 1000^\circ\text{C}$, con un objetivo de aproximadamente $4.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. El dispositivo registra los cambios dimensionales mediante interferometría láser con una precisión $\pm 0,1 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Ventajas: alta precisión; Desventajas: Requiere soporte de equipos de alta temperatura.

Prueba de conductividad térmica

La conductividad térmica del electrodo se midió mediante el método de flash láser (objetivo $174 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}$), y se utilizó un analizador de flash láser de alta temperatura para probar el rango de temperatura de $20 \sim 1000^\circ\text{C}$. Ventajas: rápido y preciso; Desventajas: equipos caros.

8.3 Detección de propiedades eléctricas del electrodo de itrio y tungsteno

Las pruebas de rendimiento eléctrico evalúan la capacidad de emisión de electrones, la estabilidad del arco y la resistencia a altas corrientes de los electrodos de tungsteno de itrio, lo que garantiza su rendimiento en soldadura por arco de plasma y TIG.

8.3.1 Trabajo de escape de electrones y ensayo de emisión termoiónica

Prueba de trabajo de escape de electrones

El trabajo de escape de electrones (objetivo $2.5 \sim 2.7 \text{ eV}$) se mide mediante espectrometría de fotoelectrones (PES) o dispositivo de emisión termoiónica. PES utiliza luz ultravioleta para excitar electrones y analizar la energía escapada; El dispositivo de emisión termoiónica calienta el electrodo ($1000 \sim 1500^\circ\text{C}$) en un entorno de vacío y mide la corriente de emisión. Ventajas: Medición precisa de las capacidades de emisión de electrones; Desventajas: El equipo es complejo y requiere un entorno de vacío.

Prueba de emisión termoiónica

La prueba de emisión termoiónica se realizó en condiciones de soldadura simuladas (corriente 50 ~ 200 A, ambiente de vacío o argón) y la densidad de corriente de emisión (objetivo > 10 A / cm²) se midió utilizando una fuente de alimentación de alta frecuencia y un amperímetro. Ventajas: refleja directamente el rendimiento de la soldadura; Desventajas: Las condiciones de prueba deben controlarse estrictamente.

8.3.2 Funcionamiento de iniciación del arco y prueba de estabilidad del arco

Prueba de rendimiento de iniciación de arco

La prueba de rendimiento de arco se realizó utilizando una soldadora TIG (corriente 50 ~ 200 A, caudal de argón 10 ~ 15 L / min) para medir el voltaje del arco (<15 V) y el tiempo de inicio del arco (<0,1 segundos). El equipo está equipado con un dispositivo de encendido de alta frecuencia y un analizador de espectro para registrar la intensidad de la luz del arco y la velocidad de encendido. Ventajas: Simulación realista del entorno de soldadura; Desventajas: Requiere soporte estándar de máquina de soldar.

Estabilidad del arco

Prueba Las pruebas de estabilidad del arco se realizan a una corriente de 100 ~ 300 A, registrando la tasa de deriva del arco (objetivo <5%) y las fluctuaciones de voltaje (<±1 V). El dispositivo utiliza una cámara de alta velocidad (velocidad de fotogramas > 1000 fps) para observar la morfología del arco y analizar la estabilidad en combinación con un registrador de voltaje/corriente. Ventajas: Refleja intuitivamente la calidad del arco; Desventajas: Equipo de prueba costoso.

8.3.3 Prueba de velocidad de quemado en condiciones de alta corriente

La prueba de velocidad de quemado se realizó a 200 A CC durante 1 hora para medir la pérdida de masa del electrodo (objetivo < 0,2 mg / min). El equipo incluye una balanza electrónica de alta precisión (precisión ±0,01 mg) y una soldadora TIG, y la prueba se lleva a cabo bajo protección de argón. Ventajas: evaluación directa de la vida útil del electrodo; Desventajas: Ciclo de prueba largo. La prueba de quemado a alta temperatura (>300 A) también utiliza un soldador de arco de plasma para evaluar la durabilidad del electrodo en condiciones extremas.

8.4 Detección de microestructura de electrodos de itrio y tungsteno

La detección de microestructuras evalúa el tamaño de grano del electrodo, la distribución del óxido de itrio y los defectos internos, asegurando sus propiedades mecánicas y eléctricas.

8.4.1 Análisis de la estructura y el tamaño del grano

Microscopía electrónica de barrido (SEM)

El SEM se utilizó para observar la estructura de grano de la sección transversal del electrodo, con un tamaño de grano objetivo de 510 μm y una resolución < 1 nm. La muestra debe pulirse y grabarse con un aumento de 1000 ~ 5000 ×. Ventajas: alta resolución, visualización intuitiva de la morfología del grano; Desventajas: Preparación compleja de muestras.

Microscopio óptico

Los microscopios ópticos (aumento de 200 ~ 1000 ×) se utilizan para el análisis rápido del tamaño y la distribución del grano, adecuados para la inspección preliminar en la línea de producción. Ventajas: operación simple y bajo costo; Desventajas: Menor resolución que SEM.

8.4.2 Distribución y análisis de fase de partículas de óxido de itrio

Espectroscopia de dispersión de energía (EDS)

EDS combinado con SEM analizó la distribución de partículas de óxido de itrio con una resolución < 1 μm. La detección cubre la sección transversal del electrodo y la desviación de la distribución del objetivo es <± 0,1%. Ventajas: Visualización intuitiva de la distribución de elementos; Desventajas: Limitado al análisis de superficies.

Difracción de rayos X (XRD)

XRD analizó la composición de fase del electrodo para confirmar la ausencia de WO₃ u otras fases oxidantes. El dispositivo utiliza rayos Cu Kα, con un ángulo de escaneo de 10 ~ 90 ° y una resolución ± 0.01 °. Ventajas: estructura de fase de prueba no destructiva; Desventajas: Requiere un análisis de datos profesional.

8.4.3 Detección de defectos internos (grietas, porosidad)

Tomografía de rayos X (XCT)

XCT genera una imagen tridimensional del electrodo para detectar grietas y poros internos con una resolución < 1 μm. El equipo es adecuado para análisis no destructivos con una profundidad de detección de varios milímetros. Ventajas: Ensayos no destructivos 3D; Desventajas: Equipos costosos y procesamiento de datos complejos.

Pruebas ultrasónicas

La detección ultrasónica escanea el interior del electrodo mediante ondas acústicas de alta frecuencia (5 ~ 20 MHz) para detectar grietas y poros con una precisión de ± 0,1 mm. El equipo es adecuado para la inspección rápida de gran volumen. Ventajas: rápido y sin pérdidas; Desventajas: Menos sensible a defectos menores.

8.5 Pruebas ambientales y de seguridad de electrodos de itrio y tungsteno

Las pruebas ambientales y de seguridad garantizan que los electrodos de tungsteno de itrio no sean radiactivos, sean poco tóxicos y sostenibles, y cumplan con los requisitos ambientales y de salud ocupacional.

8.5.1 Certificación no radiactiva

La no radiactividad de los electrodos de tungsteno de itrio es su principal ventaja sobre los electrodos de tungsteno de torio. Los métodos de detección incluyen:

Detección de rayos gamma

El nivel de radiactividad del electrodo se mide utilizando un detector de rayos gamma (sensibilidad <0,01 μSv/h) para garantizar que no haya rayos α, β o γ. La prueba se realizó en una cámara blindada

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

durante 24 horas. Ventajas: Alta sensibilidad para garantizar la seguridad; Desventajas: equipos caros.

Análisis de radionúclidos

Los radionúclidos en el electrodo (por ejemplo, Th-232, U-238) se analizaron utilizando un detector de germanio de alta pureza y el límite de detección fue de $< 0,1 \text{ Bq / g}$. Ventajas: Detección precisa de trazas de radiactividad; Desventajas: largo tiempo de análisis.

Los resultados de la prueba deben cumplir con los estándares de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), lo que demuestra que el electrodo está libre de radiactividad.

8.5.2 Evaluación del impacto ambiental y de la reciclabilidad

Ensayos de impacto ambiental

Las pruebas de impacto ambiental evalúan las emisiones (por ejemplo, líquidos residuales, hollín) durante la producción y el uso de electrodos. Las concentraciones de humos de soldadura (objetivo $< 0,1 \text{ mg/m}^3$) se midieron utilizando un analizador de gases y los metales pesados en los líquidos residuales se analizaron mediante cromatografía líquida (HPLC). Ventajas: Evaluación integral de los impactos ambientales; Desventajas: Requiere múltiples equipos para cooperar.

Evaluación de la recuperación

Las pruebas de recuperación evalúan la recuperación de electrodos mediante fusión a alta temperatura y purificación química (objetivo $> 90\%$). El equipo incluye un horno de arco eléctrico y un sistema de extracción por solvente para probar la eficiencia de recuperación de tungsteno y óxido de itrio. Ventajas: Apoyar la economía circular; Desventajas: El proceso de reciclaje es complejo.

8.5.3 Pruebas de seguridad y salud en el trabajo

Detección de humos de soldadura

La concentración de hollín durante la soldadura se midió utilizando un muestreador de partículas, con un objetivo $< 0,1 \text{ mg/m}^3$. El equipo está equipado con un filtro de alta eficiencia y el tiempo de muestreo es de 1 ~ 2 horas. Ventajas: Evaluación directa de los riesgos para la salud; Desventajas: Se requieren pruebas de campo.

Detección de luz de arco

La intensidad UV de la luz del arco (longitud de onda 200 ~ 400 nm) se mide con un espectrómetro para evaluar el daño potencial a los ojos y la piel. Las pruebas se realizan en condiciones estándar de soldadura TIG. Ventajas: Proteger al operador; Desventajas: Requiere equipo de protección profesional.

8.6 Tecnología de prueba y equipo del electrodo de itrio y tungsteno

8.6.1 Instrumentos y principios comunes de ensayo

ICP-MS: Detección de composición química por ionización de plasma y espectrometría de masas

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

con una precisión $\pm 0,01\%$.

XRF: Analiza el contenido elemental por fluorescencia de rayos X, adecuado para una detección rápida no destructiva.

SEM/EDS: Detecta la microestructura y la distribución elemental a través de imágenes de haz de electrones y espectroscopia de energía.

XRD: Análisis de difracción de rayos X de la composición de la fase para confirmar la ausencia de fases oxidantes dañinas.

XCT: Genera imágenes 3D a través del escaneo de rayos X para detectar defectos internos.

Probador de dureza Vickers: Mide la dureza por indentación y evalúa las propiedades mecánicas.

Medidor de diámetro láser: Precisión dimensional medida por escaneo láser, con una precisión $\pm 0,01$ mm.

8.6.2 Tecnologías avanzadas de detección (asistidas por IA, análisis in situ, etc.)

Detección asistida por IA

La tecnología de IA analiza los datos SEM, XRF y XRD a través de algoritmos de aprendizaje automático para predecir el rendimiento de los electrodos (por ejemplo, tasa de quemado, estabilidad del arco). El sistema optimiza los parámetros de detección en función de los datos históricos y la tasa de reconocimiento de defectos $> 95\%$. Ventajas: mejorar la eficiencia, reducir el error manual; Desventajas: Requiere muchos datos de entrenamiento.

Técnicas de análisis in situ

El análisis in situ combina horno de alta temperatura y SEM/TEM para observar los cambios de microestructura de los electrodos a altas temperaturas (>2000 °C) en tiempo real. El equipo está equipado con una platina de muestras de alta temperatura y un sistema de imagen dinámica con una resolución < 1 nm. Ventajas: Refleja intuitivamente el rendimiento a altas temperaturas; Desventajas: Equipos complejos y alto costo.

Análisis espectral en línea

El analizador de espectro en línea evalúa la estabilidad del arco y la volatilización de impurezas mediante el monitoreo del espectro del arco en tiempo real, con un tiempo de análisis de $< 0,1$ segundos. Ventajas: retroalimentación rápida, adecuada para el monitoreo en la línea de producción; Desventajas: Requiere un espectrómetro de alta precisión.

Estas tecnologías avanzadas mejoran la eficiencia y la precisión de la inspección, promoviendo el desarrollo inteligente del control de calidad de los electrodos de itrio y tungsteno.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal



Capítulo 9 Problemas comunes del usuario y soluciones para los electrodos de itrio y tungsteno

El electrodo de tungsteno de itrio (WY20) se usa ampliamente en soldadura TIG, soldadura por arco de plasma y aplicaciones no soldadas debido a su excelente estabilidad del arco, baja tasa de quemado y propiedades no radiactivas. Sin embargo, los usuarios pueden encontrar problemas como arcos inestables, agotamiento rápido de la punta y dificultad para formar arcos durante el uso. Este capítulo analiza las causas de estos problemas en detalle y proporciona soluciones específicas para ayudar a los usuarios a optimizar el rendimiento de la soldadura y la vida útil de los electrodos.

9.1 Posibles causas de la inestabilidad del arco de los electrodos de itrio y tungsteno

La inestabilidad del arco es un problema común en el uso de electrodos de itrio y tungsteno, que se manifiesta como deriva del arco, intermitencia o dificultad para controlar el baño de soldadura, lo que puede conducir a una disminución en la calidad de la soldadura. A continuación se analizan las causas desde cuatro aspectos: geometría de la punta del electrodo, parámetros de corriente, gas de protección y contaminación de la superficie.

9.1.1 Geometría incorrecta de la punta del electrodo

Motivo: La geometría de la punta del electrodo (por ejemplo, ángulo, radio) afecta directamente la concentración y estabilidad del arco. El ángulo de la punta del electrodo de itrio y tungsteno suele

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

ser de $15^{\circ} \sim 60^{\circ}$, y el radio de la punta es de $0,1 \sim 0,5$ mm. Si el ángulo es demasiado pequeño ($<15^{\circ}$), el arco está demasiado concentrado, lo que puede hacer que la punta se sobrecaliente; Si el ángulo es demasiado grande ($>60^{\circ}$), el arco se dispersará y la estabilidad disminuirá. Además, el pulido desigual de la punta o la presencia de rebabas pueden causar un cambio de arco.

Solución:

Mecanizado preciso de la punta con rectificadora CNC, con un ángulo recomendado de $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ y un radio de punta de $0,2 \sim 0,3$ mm, adecuado para la mayoría de los escenarios de soldadura TIG.

Verifique regularmente la forma de la punta y use una muela abrasiva de diamante para esmerilar para garantizar una superficie lisa y sin rebabas.

Ajuste el ángulo según el material de soldadura: 30° para aleación de titanio (soldadura de penetración profunda), 45° para acero inoxidable (profundidad de penetración media).

Después de esmerilar, la punta se inspecciona con un microscopio (aumento del $100\times$) para garantizar que no haya microfisuras ni formas irregulares.

Precauciones:

Establezca procedimientos operativos estándar (SOP) para operadores de trenes y rectificado de vanguardia.

Utilice un accesorio de rectificado especial para garantizar ángulos de rectificado consistentes.

9.1.2 Problemas de configuración de parámetros y tipos de corriente

Motivo: El tipo de corriente (DCEN de polaridad positiva de CC, DCEP de polaridad inversa de CC o CA CA) y los ajustes de parámetros tienen un impacto significativo en la estabilidad del arco. Los electrodos de tungsteno de itrio son adecuados para soldadura de polaridad positiva de CC (DCEN) o CA con un rango de corriente de $50 \sim 300$ A. Si se usa DCEP, la punta del electrodo se sobrecalienta, lo que puede provocar fácilmente una deriva del arco; Si la corriente es demasiado alta (>300 A), el desgaste del electrodo se agravará; Si la corriente es demasiado baja (<50 A), es difícil mantener la estabilidad en el arco.

Solución:

Se prefiere DCEN, la corriente se controla a $100 \sim 200$ A, adecuada para soldadura de aleación de titanio y acero inoxidable.

Para la soldadura de CA (por ejemplo, aleación de aluminio), use una fuente de alimentación de CA de onda cuadrada con una frecuencia de $50 \sim 150$ Hz y un control de equilibrio al $50\% \sim 70\%$ para reducir el sobrecalentamiento de la punta.

Ajuste la corriente de acuerdo con el grosor de la pieza de trabajo: $50 \sim 100$ A para placas delgadas (<2 mm) y $150 \sim 250$ A para placas gruesas (>5 mm).

Usando soldadura TIG de pulso, la frecuencia de pulso es de 110 Hz y la corriente máxima es $20\% \sim 30\%$ más alta que la corriente base, lo que mejora la estabilidad del arco.

Precauciones:

Utilizando una base de datos de parámetros de soldadura, se selecciona el ajuste de corriente óptimo en función del material y el grosor.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Calibre la máquina de soldar regularmente para garantizar una salida de corriente estable.

9.1.3 Calidad o caudal insuficientes del gas de protección

Causa: La masa y el caudal del gas de protección (generalmente argón o helio) afectan directamente el entorno de arco. El gas argón debe tener $\geq 99,99\%$ de pureza y un contenido de oxígeno < 10 ppm. Si el gas contiene impurezas (por ejemplo, oxígeno, vapor de agua), la superficie del electrodo puede oxidarse, lo que resulta en inestabilidad del arco. Un flujo insuficiente (< 8 L/min) puede exponer el arco al aire, mientras que un caudal excesivo (> 20 L/min) puede causar turbulencias que pueden interrumpir el arco.

Solución:

Utiliza argón de alta pureza (99,999%) y está equipado con un filtro de gas para eliminar el vapor de agua y el oxígeno.

Ajuste el caudal de gas: 8 ~ 12 L / min para soldadura de placa delgada y 12 ~ 15 L / min para soldadura de placa gruesa.

Inspeccione las líneas de gas para asegurarse de que no haya fugas ni contaminación, y use medidores de flujo para controlar el flujo con precisión.

En la soldadura de alta precisión, se pueden utilizar mezclas de argón y helio (relación 3:1) para mejorar la temperatura y la estabilidad del arco.

Precauciones:

Pruebe regularmente la pureza del gas con un analizador de gas (límite de detección < 1 ppm).

Establezca especificaciones de almacenamiento y uso de gas para evitar la humedad o la contaminación del gas.

9.1.4 Contaminación u oxidación de la superficie del electrodo

Causa: La contaminación de la superficie del electrodo (por ejemplo, aceite, polvo) o la oxidación (formación de WO_3) pueden interferir con la emisión de electrones, lo que lleva a la inestabilidad del arco. La contaminación puede ser el resultado de entornos de almacenamiento sucios o de una manipulación inadecuada, mientras que la oxidación suele producirse cuando los electrodos se exponen al aire o a altas temperaturas.

Solución:

Use etanol anhidro o acetona para limpiar la superficie del electrodo y use un limpiador ultrasónico (frecuencia 20 ~ 40 kHz) para eliminar las capas de aceite y óxido.

Muela la punta del electrodo para eliminar la capa de óxido y restaurar el acabado superficial ($Ra < 0,4 \mu m$).

Guarde los electrodos en un embalaje sellado y colóquelos en un ambiente seco y ventilado (humedad $< 60\%$).

Inspeccione la superficie del electrodo antes de soldar y use un microscopio óptico (aumento 50 $\times$) para confirmar que no haya rastros de contaminación u oxidación.

Precauciones:

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Establezca especificaciones para el almacenamiento y uso de electrodos para evitar el contacto con el aceite o la humedad.

Mantenga un suministro continuo de gas protector durante el proceso de soldadura para evitar exponer el electrodo al aire.

9.2 Causas y contramedidas de la combustión rápida de las puntas de los electrodos de itrio y tungsteno.

El agotamiento rápido de la punta es un problema común entre los usuarios, que se manifiesta por el rápido desgaste o fusión de la punta del electrodo, lo que reduce su vida útil. A continuación se presenta un análisis de las razones y una contramedida.

9.2.1 Corriente excesiva o selección de polaridad incorrecta

Causa: Una corriente excesiva (>300 A) o una polaridad incorrecta (por ejemplo, DCEP) pueden hacer que la punta se sobrecaliente, acelerando el agotamiento. La tasa de quemado del electrodo de tungsteno de itrio es de aproximadamente $0,1 \sim 0,2$ mg / min en condiciones DCEN, pero puede aumentar a más de $0,5$ mg / min bajo DCEP o alta corriente.

Solución:

Con DCEN, la corriente se controla a $100 \sim 250$ A para evitar el sobrecalentamiento de la punta.

Para la soldadura de CA, ajuste el control de equilibrio (tiempo de avance $<30\%$) para reducir el tiempo de calentamiento de la punta.

En escenarios de alta corriente (>200 A), se utilizan electrodos de mayor diámetro ($3,2 \sim 4,8$ mm) para aumentar la capacidad calorífica.

Supervise la salida de la máquina de soldar y use un registrador de corriente para garantizar una corriente estable sin cambios repentinos.

Precauciones:

Seleccione la corriente y la polaridad adecuadas según el material de soldadura, con referencia a la norma ISO 6848.

Usando una máquina de soldar inteligente, la corriente se ajusta automáticamente para proteger el electrodo.

9.2.2 Optimizar el ángulo de rectificado de la punta y el tratamiento de la superficie

Causa: Un ángulo de punta demasiado pequeño ($<15^\circ$) o una superficie rugosa ($Ra > 0,4 \mu\text{m}$) pueden provocar una densidad de corriente excesiva y acelerar el agotamiento. La molienda desigual puede crear puntos calientes localizados, lo que exacerba la fusión de la punta.

Solución:

Muela la punta a $30^\circ \sim 45^\circ$, el radio de la punta es de $0,2 \sim 0,3$ mm y la muela abrasiva de diamante se utiliza para garantizar una superficie lisa.

Se utilizó pulido electroquímico (electrolito de ácido sulfúrico-ácido fosfórico, voltaje $5 \sim 15$ V) para reducir la rugosidad de la superficie a $Ra < 0,4 \mu\text{m}$.

Verifique la calidad del esmerilado y use un microscopio (aumento de $100\times$) para confirmar que no

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

haya rebabas ni microgrietas en la punta.

Vuelva a moler la punta con regularidad y verifique cada 1 ~ 2 horas de soldadura.

Precauciones:

Con rectificadoras CNC, garantice ángulos de punta y calidad de superficie consistentes.

Capacite a los operadores para que dominen las técnicas de molienda correctas.

9.2.3 Ajuste del tipo y caudal del gas de protección

Causa: Un gas protector insuficiente o impurezas provocarán la oxidación de la punta, la formación de volátiles WO_3 y acelerarán el agotamiento. Una alta proporción de helio (>50%) puede aumentar la temperatura del arco y exacerbar la pérdida de punta.

Solución:

Se utiliza gas argón de alta pureza (99,999%), con un caudal de 10 ~ 15 L / min, para garantizar que la punta esté protegida de la oxidación.

En soldadura de alta corriente, pruebe una mezcla de argón y helio (relación 4: 1) para equilibrar la temperatura del arco y el efecto de protección.

Verifique la línea de gas y use un medidor de flujo (precisión ± 0.1 L / min) para garantizar un flujo estable.

En soldadura al vacío o de alta precisión, se utiliza helio de alta pureza (caudal 8 ~ 12 L / min) para reducir el desgaste de la punta.

Precauciones:

Mantenga regularmente el sistema de suministro de gas, verifique la estanqueidad del filtro y la línea.

Registre los parámetros de uso de gas para garantizar el cumplimiento de los requisitos del proceso de soldadura.

9.2.4 Reemplace el electrodo con un mayor contenido de óxido de itrio

Motivo: Los electrodos WY20 estándar (óxido de itrio 1,8% ~ 2,2%) pueden quemarse rápidamente a corrientes ultra altas (>400 A) o entornos extremos (como la soldadura por arco de plasma). Los electrodos con mayor contenido de óxido de itrio (como WY30, óxido de itrio 2.5% ~ 3.0%) tienen temperaturas de recristalización más altas y resistencia al desgaste.

Solución:

En escenarios de alta corriente o alta temperatura, la tasa de quemado se puede reducir en un 20% ~ 30% mediante el uso del electrodo WY30.

Consulte con los proveedores para personalizar los electrodos con alto contenido de óxido de itrio para garantizar el cumplimiento de las normas ISO 6848 o GB/T 4192.

Se probaron electrodos con diferentes contenidos de óxido de itrio y se registraron las tasas de quemado (objetivo < 0,15 mg/min).

Pesando el costo y el rendimiento, el precio del electrodo WY30 es aproximadamente un 10% ~ 20% más alto.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

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

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

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

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

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

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

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

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

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

6. Procurement Information

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

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2024V
sales@chinatungsten.com

Precauciones:

Elija el modelo de electrodo adecuado según la tarea de soldadura para evitar un rendimiento excesivo o insuficiente.

Establezca una base de datos de rendimiento de electrodos para registrar los escenarios aplicables de diferentes modelos.

9.3 Cómo elegir el contenido adecuado de óxido de itrio

El contenido de óxido de itrio afecta la estabilidad del arco, la capacidad de emisión termoiónica y la vida útil del electrodo. A continuación se analizan los principios de selección de los aspectos del material de soldadura, el tipo de corriente, el entorno y el costo.

9.3.1 Seleccionado según el material de soldadura (aleación de titanio, aleación a base de níquel, etc.).

Análisis: Los diferentes materiales de soldadura tienen diferentes requisitos para el rendimiento del electrodo. Las aleaciones de titanio requieren una baja entrada de calor y un arco estable, las aleaciones a base de níquel requieren una alta capacidad de carga de corriente y los aceros inoxidables son adecuados para corrientes moderadas y propiedades de uso general.

Sugerencia:

Aleación de titanio: WY20 (óxido de itrio 1.8% ~ 2.2%), corriente 100 ~ 200 A, ángulo de punta 30 °, adecuado para soldadura de protección al vacío o gas argón.

Aleación a base de níquel: WY30 (óxido de itrio 2.5% ~ 3.0%), corriente 150 ~ 300 A, ángulo de punta 45 °, para satisfacer las necesidades de soldadura por fusión profunda.

Acero inoxidable: WY20 o WY15 (óxido de itrio 1.0% ~ 1.5%), corriente 50 ~ 150 A, gran versatilidad.

Aleación de aluminio: WY20, soldadura de CA, corriente 50 ~ 200 A, control de equilibrio 50% ~ 70%.

Instrumento:

Consulte el manual de soldadura de materiales para que coincida con el modelo de electrodo y los parámetros del proceso.

Los electrodos con diferentes contenidos de óxido de itrio se prueban para evaluar la calidad de la soldadura y la vida útil del electrodo.

9.3.2 Adaptación del tipo de corriente y la intensidad

Análisis: La polaridad positiva de CC (DCEN) es adecuada para la mayoría de las soldaduras de metales, la soldadura de CA se utiliza para aleaciones de aluminio, etc. El contenido de óxido de itrio afecta la capacidad de transporte de corriente del electrodo.

Sugerencia:

DCEN: WY20, corriente 50 ~ 250 A, adecuado para aleaciones de titanio, acero inoxidable y aleaciones a base de níquel.

CA: WY20, corriente 50 ~ 200 A, frecuencia 50 ~ 150 Hz, adecuada para aleación de aluminio y

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

aleación de magnesio.

Alta corriente (>300 A): WY30, resistencia a la combustión mejorada y adecuada para soldadura de placas gruesas.

Baja corriente (<50 A): WY15, costo reducido, adecuado para microsoldadura de láminas delgadas.

Instrumento:

Utilice un parámetro de soldador para optimizar el tipo y la intensidad de la corriente.

Pruebe regularmente el rendimiento del electrodo para garantizar que las tareas de soldadura coincidan.

9.3.3 Selección en ambiente especial (vacío, alta temperatura).

Análisis: Los entornos de vacío o alta temperatura (por ejemplo, soldadura por arco de plasma) requieren baja volatilidad y altas temperaturas de recristalización para los electrodos. WY20 funciona bien en entornos de vacío y WY30 es adecuado para escenarios de temperatura ultra alta.

Sugerencia:

Entorno de vacío: WY20, grado de vacío $10^{-3} \sim 10^{-5}$ Pa, tasa de combustión <0,1 mg/min, adecuado para soldadura de semiconductores y aeroespacial.

Entorno de alta temperatura: WY30, temperatura del arco > 10000 °C, adecuado para soldadura por arco de plasma o pulverización.

Ambiente corrosivo: WY20, con protección de argón, fuerte resistencia a la oxidación, adecuado para ingeniería marina.

Instrumento:

Elija electrodos que cumplan con las normas ISO 6848 o GB/T 4192 para garantizar una baja volatilidad.

Pruebe el rendimiento del electrodo en el entorno objetivo, registrando la tasa de quemado y la estabilidad del arco.

9.3.4 Análisis de equilibrio de rendimiento y costo

Análisis: El alto contenido de óxido de itrio (como WY30) mejora el rendimiento, pero el costo aumenta en un 10% ~ 20%. Los usuarios deben elegir el electrodo adecuado de acuerdo con las necesidades de la tarea y el presupuesto.

Sugerencia:

Soldadura de alta precisión: Priority WY30 para un excelente rendimiento y adecuado para la industria aeroespacial y nuclear.

Industria general: Elija WY20, rentable, para satisfacer la mayoría de las necesidades de soldadura TIG.

Escenario de bajo costo: WY15, reduce los costos de adquisición, adecuado para soldadura de placa delgada o de baja corriente.

Prioridad de vida: WY30, 20% ~ 30% más de vida útil, reduce la frecuencia de reemplazo.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Instrumento:

Establezca un modelo de costo de selección de electrodos, considerando de manera integral el costo de adquisición, la vida útil y la eficiencia de soldadura.

Comuníquese con los proveedores para reducir costos comprando al por mayor.

9.4 Contramedidas para la dificultad de la formación de arcos en los electrodos de itrio y tungsteno

Las dificultades de arco se manifiestan como encendido de arco retrasado o fallido, lo que afecta la eficiencia de la soldadura. A continuación se analizan las razones y se proponen soluciones.

9.4.1 Verifique la limpieza de la superficie y el estado de la punta de los electrodos

Causa: La contaminación de la superficie del electrodo (aceite, óxidos) o el desgaste de la punta pueden aumentar el voltaje del arco y reducir la eficiencia de la emisión de electrones.

Solución:

Use etanol anhidro para limpiar el electrodo y use una máquina de limpieza ultrasónica (frecuencia 20 ~ 40 kHz) para eliminar la contaminación.

Vuelva a afilar la punta en un ángulo de 30 ° ~ 45 ° y un radio de 0,2 ~ 0,3 mm, utilizando una muela abrasiva de diamante.

Verifique el estado de la punta y use un microscopio (aumento de 100×) para confirmar que no haya óxidos ni microfisuras.

Use empaques herméticos cuando almacene electrodos para evitar la contaminación.

Precauciones:

Formule las especificaciones de limpieza e inspección de electrodos, que deben inspeccionarse antes de soldar.

Utilice accesorios especiales para asegurar los electrodos y evitar la contaminación de la operación.

9.4.2 Optimización de los parámetros de inicio del arco de alta frecuencia

Causa: Los parámetros incorrectos del iniciador de arco de alta frecuencia (como una frecuencia demasiado baja o un voltaje insuficiente) causarán una falla en el inicio del arco. El trabajo de escape bajo (2.5 ~ 2.7 eV) del electrodo de tungsteno de itrio es adecuado para arcos de alta frecuencia, pero debe configurarse razonablemente.

Solución:

Ajuste la frecuencia de arco de alta frecuencia a 10 ~ 20 kHz y el voltaje a 5 ~ 10 kV para garantizar un encendido rápido del arco.

Verifique el dispositivo de alta frecuencia de la máquina de soldar, limpie el mandril del electrodo y el cable de tierra, y reduzca la resistencia de contacto.

El uso de arcos de pulso de alta frecuencia y un ancho de pulso de 0,1 ~ 0,5 ms puede mejorar la tasa de éxito del arco.

Tiempo de inicio del arco de prueba, objetivo < 0,1 segundos.

Precauciones:

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Mantenga regularmente el dispositivo de alta frecuencia de la máquina de soldar para garantizar una salida estable.

Utilizando una máquina de soldar inteligente, los parámetros de inicio del arco se optimizan automáticamente.

9.4.3 Ajuste la distancia entre el electrodo y la pieza de trabajo

Motivos: La distancia entre el electrodo y la pieza de trabajo es demasiado grande (>3 mm) para provocar una intensidad de campo eléctrica insuficiente y dificultad en la formación de arcos. Una distancia demasiado pequeña (<1 mm) puede provocar un cortocircuito o contaminación.

Solución:

La distancia entre el electrodo y la pieza de trabajo se ajusta a $1,5 \sim 2,5$ mm, lo que es adecuado para la mayoría de los escenarios de soldadura TIG.

Use una antorcha de soldadura para asegurar el electrodo y garantizar una distancia estable.

En la microsoldadura, la distancia se puede reducir a $1 \sim 1,5$ mm para mejorar la concentración del arco.

La distancia se verificó con un telémetro láser (precisión $\pm 0,1$ mm).

Precauciones:

Capacite a los operadores para que dominen la configuración correcta de la distancia.

En la soldadura automatizada, los sensores se utilizan para monitorear distancias en tiempo real.

9.4.4 Reemplace el electrodo o verifique la estabilidad de la fuente de alimentación

Causa: El envejecimiento del electrodo o las fluctuaciones en el voltaje de suministro pueden causar dificultad en la formación de arcos. La vida útil de los electrodos de tungsteno de itrio es generalmente de $100 \sim 150$ horas, y la eficiencia de emisión de electrones disminuye después de la vida útil.

Solución:

Reemplace el electrodo por uno nuevo, elija WY20 o WY30, asegúrese de cumplir con la norma (ISO 6848).

Compruebe la estabilidad de la fuente de alimentación y controle las fluctuaciones de voltaje de salida ($\leq \pm 5\%$) con un voltímetro (precisión $\pm 0,1$ V).

Limpie los puntos de contacto del soldador para asegurarse de que el mandril del electrodo no esté oxidado ni suelto.

Pruebe el rendimiento del electrodo, registre el voltaje y el tiempo del arco.

Precauciones:

Establezca ciclos de reemplazo de electrodos y registre el tiempo de uso.

Calibrar la máquina de soldar con regularidad para garantizar una fuente de alimentación estable.

9.5 Tungsteno de itrio mezclado con otros electrodos de tungsteno

La mezcla de diferentes tipos de electrodos de tungsteno (por ejemplo, tungsteno de itrio, tungsteno

de torio, tungsteno de lantano) puede reducir el rendimiento o confundir la operación. A continuación se analiza el impacto de la mezcla y las recomendaciones de manejo.

9.5.1 Efectos de la mezcla en la calidad de funcionamiento del arco

Motivo: El trabajo de escape de electrones y la estabilidad térmica de los diferentes electrodos varían mucho. Los electrodos de tungsteno de itrio (trabajo de escape 2.5 ~ 2.7 eV) son adecuados para soldadura DCEN y AC, mientras que el tungsteno de torio (WT20, trabajo de escape 2.6 ~ 2.8 eV) funciona mejor en DCEP, y el tungsteno lantano (WL20, trabajo de escape 2.8 ~ 3.0 eV) es adecuado para corrientes bajas. La mezcla puede provocar arcos inestables o dificultades para formar arcos.

Solución:

Evite mezclar, prefiera WY20, coincida con el material de soldadura y el tipo de corriente.

Si se mezcla, pruebe el rendimiento del arco y registre la tasa de deriva (objetivo <5%) y el tiempo de inicio del arco (< 0,1 segundos).

En la soldadura de CA, se prefiere el uso de electrodos de tungsteno de itrio para evitar problemas de sobrecalentamiento de los electrodos de tungsteno de torio.

Utilice la base de datos de parámetros de soldadura para optimizar la configuración de corriente y gas para escenarios de uso mixto.

Precauciones:

Establezca un sistema de clasificación y almacenamiento de electrodos para evitar confusiones.

Capacite a los operadores para que comprendan las diferencias de rendimiento entre los diferentes electrodos.

9.5.2 Problemas de pérdida de electrodos causados por la mezcla

Causa: La mezcla puede provocar un mayor agotamiento de los electrodos. Por ejemplo, los electrodos de tungsteno de torio tienen una alta tasa de quemado (0,3 ~ 0,5 mg / min) a altas corrientes, mientras que los electrodos de tungsteno de itrio tienen una tasa de quemado de 0,1 ~ 0,2 mg / min. La mezcla puede acelerar la pérdida debido a parámetros inadecuados.

Solución:

Usando el electrodo WY20, tiene una baja tasa de quemado y una larga vida útil (100 ~ 150 horas). Se controlan las pérdidas de electrodos y se miden las tasas de quemado utilizando una balanza de alta precisión con una precisión $\pm 0,01$ mg).

Ajuste los parámetros de soldadura para que coincidan con el tipo de electrodo, por ejemplo, WY20 usa DCEN, corriente 100 ~ 250 A.

Reemplace los electrodos regularmente para evitar la degradación del rendimiento debido al desgaste.

Precauciones:

Registre la vida útil de cada electrodo y establezca un plan de reemplazo.

Utilice un sistema de monitoreo inteligente para detectar pérdidas de electrodos en tiempo real.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

9.5.3 Sugerencias para la identificación y gestión de electrodos

Causa: El uso mixto de electrodos a menudo es causado por un etiquetado poco claro o una gestión inadecuada. Los electrodos de itrio y tungsteno (extremo azul) se confunden con el tungsteno de torio (extremo rojo) y el tungsteno de lantano (extremo dorado).

Solución:

Siga estrictamente los requisitos de identificación de ISO 6848 o GB / T 4192, verifique el color de la punta del electrodo y la etiqueta del empaque.

Administre el inventario de electrodos utilizando códigos de barras o etiquetas RFID, registre modelos y lotes.

Las particiones almacenan diferentes tipos de electrodos y utilizan recipientes especiales para evitar confusiones.

Capacite a los operadores para que se familiaricen con la identificación de electrodos y las especificaciones de uso.

Precauciones:

Establezca una base de datos de gestión de electrodos para realizar un seguimiento del uso y el inventario.

Revise su inventario regularmente para garantizar una identificación clara.

9.5.4 Análisis de sustitución de electrodos de itrio y tungsteno

Análisis: Los electrodos de tungsteno de itrio pueden reemplazar los electrodos de tungsteno de torio (WT20), tungsteno de lantano (WL20) y tungsteno de cerio (WC20), pero deben seleccionarse de acuerdo con el escenario de aplicación. La no radiactividad y la baja tasa de quemado de los electrodos de itrio y tungsteno los convierten en la opción preferida.

Sugerencia:

Alternativa al tungsteno de torio: El tungsteno de torio es radiactivo (el ThO_2 libera rayos α) y el WY20 se puede reemplazar por completo, lo que lo hace adecuado para las industrias aeroespacial y médica.

Alternativa al tungsteno lantano: El tungsteno lantano es adecuado para soldadura de baja corriente y WY20 funciona mejor a altas corrientes ($>200 \text{ A}$).

Alternativa al tungsteno de cerio: El rendimiento de arco de tungsteno de cerio es ligeramente inferior y WY20 funciona mejor en entornos de microsoldadura y vacío.

Pruebe el rendimiento del electrodo alternativo, registrando la estabilidad del arco, la tasa de quemado y la calidad de la soldadura.

Instrumento:

Comuníquese con los proveedores para comprender los datos de rendimiento de los electrodos alternativos.

Reemplace gradualmente los electrodos de alto riesgo (como el tungsteno de torio) para cumplir con los requisitos ambientales y de seguridad.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal



Capítulo 10 Tendencia de desarrollo futuro de los electrodos de itrio y tungsteno

Como material de soldadura no radiactivo de alto rendimiento, el electrodo de tungsteno de itrio (WY20) se usa ampliamente en soldadura TIG, soldadura por arco de plasma y aplicaciones sin soldadura debido a su excelente estabilidad del arco, baja tasa de quemado y características de protección ambiental. Con el desarrollo de la ciencia de los materiales, la tecnología de fabricación y la demanda del mercado, el futuro del electrodo de itrio y tungsteno mostrará nuevas tendencias en innovación tecnológica, expansión de aplicaciones y política de mercado. Este capítulo explora estas tendencias en detalle, analizando su impacto en la industria de electrodos de itrio y tungsteno.

10.1 Dirección de la innovación tecnológica del electrodo de itrio y tungsteno

La innovación tecnológica es la fuerza impulsora central detrás del desarrollo de electrodos de itrio y tungsteno, que abarca nuevas tecnologías de dopaje, investigación y desarrollo de electrodos de ultra alta temperatura y ultraprecisión, y tecnologías de fabricación ecológica. Estas innovaciones tienen como objetivo mejorar el rendimiento de los electrodos, prolongar la vida útil y reducir los costos de producción.

10.1.1 Nueva tecnología de dopaje compuesto de tierras raras

Antecedentes: El rendimiento del electrodo de itrio y tungsteno depende principalmente del dopaje del óxido de itrio (Y_2O_3), que suele ser del 1,8% ~ 2,2%. Sin embargo, un solo dopaje puede no

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

cumplir con los requisitos de rendimiento más altos a corrientes ultra altas (>400 A) o entornos extremos como vacío o altas temperaturas. La nueva tecnología de dopaje compuesto de tierras raras optimiza el rendimiento del electrodo mediante la introducción de una variedad de óxidos de tierras raras (como el óxido de lantano, el óxido de La_2O_3 y el óxido de cerio CeO_2).

Dirección de innovación:

Dopaje de tierras raras múltiples: Desarrolle electrodos dopados compuestos, como el tungsteno de itrio-lantano (Y-La-W) o el tungsteno de itrio-cerio (Y-Ce-W), con un contenido de óxido de itrio de 1,5% ~ 2,0%, complementado con 0,2% ~ 0,5% de óxido de lantano u óxido de cerio. El dopaje compuesto puede reducir el trabajo de escape de electrones (2,4 ~ 2,6 eV), mejorar la estabilidad del arco (tasa de deriva <3%) y la resistencia al agotamiento (tasa de agotamiento < 0,1 mg / min).

Dopaje a nanoescala: Se utilizaron óxidos de tierras raras a nanoescala (tamaño de partícula 10 ~ 50 nm) para mejorar la uniformidad del dopaje (desviación <±0,05%). Las nanopartículas pueden aumentar la densidad de los límites de grano y aumentar la temperatura de recristalización del electrodo (> 2100 °C).

Optimización del proceso de dopaje: Desarrollar tecnología de dopaje por pulverización de plasma o deposición química de vapor (CVD) para recubrir uniformemente los óxidos de tierras raras en la superficie del polvo de tungsteno para reducir la aglomeración.

Control inteligente de dopaje: utiliza algoritmos de aprendizaje automático para optimizar las proporciones y la distribución de dopaje, ajustando las tasas de pulverización y los parámetros del molino de bolas a través del monitoreo en tiempo real (XRF, EDS).

Impacto potencial: Los electrodos dopados compuestos pueden aumentar la vida útil de los electrodos en un 30% ~ 50%, lo que los hace adecuados para escenarios de alta demanda, como las industrias aeroespacial y nuclear. Las normas futuras (por ejemplo, la revisión de la norma ISO 6848) pueden añadir clasificaciones de electrodos dopados compuestos (por ejemplo, WY-La o WY-Ce).

10.1.2 Investigación y desarrollo de electrodos de ultra alta temperatura y ultra precisión

Antecedentes: Con el aumento de la demanda de soldadura por arco de plasma (temperatura del arco >20000 °C) y microsoldadura (diámetro de la junta de soldadura <0,5 mm), los electrodos de itrio y tungsteno deben tener una mayor resistencia a altas temperaturas y precisión de procesamiento.

Dirección de innovación:

Electrodo de ultra alta temperatura: desarrolló un electrodo de óxido de itrio de alto contenido (contenido de Y_2O_3 2.5% ~ 3.5%), que se preparó mediante un proceso de sinterización por plasma de descarga (SPS), con un tamaño de grano controlado a 35 μm y una densidad > 99%. La temperatura de recristalización de estos electrodos puede alcanzar los 2200 °C y la tasa de quemado <0,08 mg/min, lo que los hace adecuados para la soldadura de corriente ultra alta (>500 A).

Electrodos de ultraprecisión: Desarrolló electrodos de tungsteno de itrio en miniatura (diámetro 0,3 ~ 0,8 mm, radio de punta < 0,1 mm) para lograr una alta precisión (tolerancia ±0,01 mm) a través del micromecanizado láser y el pulido electroquímico. Estos electrodos son adecuados para la microsoldadura de semiconductores y dispositivos médicos.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Tecnología de modificación de superficies: la implantación de iones o nano-recubrimiento (como el recubrimiento de zirconia) se utiliza para mejorar la resistencia a la oxidación y la estabilidad térmica de la superficie del electrodo, extendiendo la vida útil en un 20% ~ 30%.

Pruebas de rendimiento a alta temperatura: Desarrolle un dispositivo de prueba de alta temperatura in situ para analizar los cambios microestructurales de los electrodos en tiempo real a $>2000^{\circ}\text{C}$ en combinación con SEM y XRD.

Impacto potencial: Los electrodos de temperatura ultra alta impulsarán el desarrollo de equipos de pulverización de plasma y fusión nuclear, y los electrodos de ultraprecisión satisfarán las necesidades de las industrias de fabricación de chips y microelectrónica. Estas tecnologías pueden aumentar los costos de producción en un 10% ~ 15%, pero las mejoras en el rendimiento pueden conducir a una mayor competitividad en el mercado.

10.1.3 Fabricación ecológica y tecnología de producción baja en carbono

Antecedentes: Las regulaciones ambientales globales (como la directiva RoHS de la UE y los objetivos de neutralidad de carbono) requieren la producción de electrodos de itrio y tungsteno para reducir el consumo de energía y las emisiones. Los procesos tradicionales de sinterización y purificación tienen un alto consumo de energía (alrededor de 5000 ~ 8000 kWh por tonelada de electrodo), y las emisiones de líquidos residuales y gases de escape deben optimizarse aún más.

Dirección de innovación:

Sinterización de bajo consumo de energía: promueva el proceso SPS, acorte el tiempo de sinterización a 510 minutos y reduzca el consumo de energía en un 30% ~ 40%. Desarrollo de hornos de sinterización al vacío de alta eficiencia (precisión de control de temperatura $\pm 2^{\circ}\text{C}$) para reducir el consumo de hidrógeno.

Tecnología de purificación verde: La tecnología de intercambio iónico y separación por membranas se utiliza para purificar el óxido de itrio, reduciendo las emisiones de líquidos residuales en más del 50%. Polvo de tungsteno reciclado y materiales de tierras raras, con una tasa de recuperación del $> 90\%$.

Gestión inteligente de la energía: Optimice el consumo de energía de los equipos de producción a través del Internet de las cosas (IoT) y la IA, monitoreando el consumo de electricidad y gas en tiempo real para reducir la huella de carbono.

Aplicaciones de energía renovable: El suministro de energía solar o eólica se introduce en los sitios de producción, con el objetivo de lograr el 30% ~ 50% de energía renovable para 2030.

Impacto potencial: La fabricación ecológica puede reducir los costos de producción en un 5% ~ 10%, cumplir con las regulaciones ambientales y mejorar la imagen de la marca. En el futuro, se pueden introducir estándares de emisión de carbono (como 2 toneladas de CO_2 por tonelada de electrodos) para promover la transformación de la industria hacia bajas emisiones de carbono.

10.2 Ampliación de los campos de aplicación de los electrodos de itrio y tungsteno

El campo de aplicación de los electrodos de itrio y tungsteno se está expandiendo desde la soldadura tradicional a industrias emergentes como las nuevas energías, la aeroespacial y la microelectrónica,

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

atendiendo a las necesidades de fabricación de alto rendimiento y precisión.

10.2.1 Fabricación de equipos de nueva energía (baterías, energía eólica)

Antecedentes: Los equipos de nueva energía (como baterías de litio, palas de energía eólica y equipos de energía de hidrógeno) tienen altos requisitos de calidad de soldadura, que requieren alta precisión, bajo aporte de calor y materiales respetuosos con el medio ambiente. La no radiactividad y la estabilidad del arco de los electrodos de itrio y tungsteno los convierten en opciones ideales.

Dirección de aplicación:

Fabricación de baterías de litio: el electrodo de tungsteno de itrio se utiliza para la microsoldadura de láminas de cobre y aluminio (diámetro de la junta de soldadura $<0,5$ mm), corriente $10 \sim 50$ A, diámetro de la punta $0,5 \sim 1,0$ mm. La estabilidad del arco (tasa de deriva $<3\%$) garantiza la resistencia y la hermeticidad de la unión de soldadura.

Palas de turbinas eólicas: torres soldadas de acero al carbono y acero inoxidable, espesor $10 \sim 50$ mm, corriente $200 \sim 400$ A. Las capacidades de fusión profunda de los electrodos de itrio y tungsteno reducen los defectos de soldadura y prolongan la vida útil del equipo.

Equipos de energía de hidrógeno: tanques de almacenamiento de hidrógeno de acero inoxidable soldados con ambiente de vacío (10^{-4} Pa) y electrodos de baja volatilidad. La baja tasa de liberación de gas del electrodo WY20 ($<10^{-6}$ Pa·m³/s) para cumplir con los requisitos.

Equipos fotovoltaicos: microsoldadura de obleas de silicio y alambres de cobre, puntas de ultraprecisión de electrodos de itrio y tungsteno (radio $<0,1$ mm) para apoyar la producción de alta precisión.

Tendencia de desarrollo: El rápido crecimiento de la industria de las nuevas energías (se espera que la tasa de crecimiento anual del mercado mundial de baterías de litio sea del $>15\%$ en $2025 \sim 2030$) impulsará la demanda de electrodos de tungsteno de itrio en un $20\% \sim 30\%$. Los microelectrodos personalizados se convertirán en una dirección clave de investigación y desarrollo.

10.2.2 Profundización de las aplicaciones en los campos aeroespacial y de defensa

Antecedentes: La demanda de electrodos de itrio y tungsteno en las industrias aeroespacial y de defensa se concentra en la soldadura de aleaciones de alta resistencia (como aleaciones de titanio, aleaciones a base de níquel), que requieren una alta capacidad de carga de corriente y una larga vida útil.

Dirección de aplicación:

Motor aeronáutico: palas de turbina de aleación soldadas a base de níquel, corriente $150 \sim 300$ A, ángulo de punta 45° . La baja tasa de quemado del electrodo de itrio y tungsteno ($<0,1$ mg/min) garantiza que la soldadura sea resistente a altas temperaturas ($>1200^\circ\text{C}$).

Estructura de la nave espacial: soldadura TIG al vacío de la carcasa de aleación de titanio, grado de vacío 10^{-5} Pa. La baja volatilidad del electrodo WY20 evita la contaminación ambiental y la resistencia de la soldadura >900 MPa.

Equipo de defensa: soldadura por fusión profunda de placas de acero blindado y proyectiles de misiles, corriente >400 A. Electrodo WY30 desarrollado (óxido de itrio $2.5\% \sim 3.0\%$) para soportar aplicaciones de corriente ultra alta.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Fabricación aditiva: Los electrodos de tungsteno de itrio se utilizan en la fabricación aditiva por arco de plasma, reparación de componentes aeroespaciales, estabilidad del arco (tasa de deriva <2%) para mejorar la precisión del apilamiento.

Tendencia de desarrollo: Se espera que el mercado aeroespacial crezca a una tasa anual del 8% para 2030, impulsando la demanda de electrodos de itrio y tungsteno de alto rendimiento. Los electrodos dopados compuestos y de temperatura ultra alta satisfarán aún más las necesidades de entornos extremos.

10.2.3 Soldadura de precisión en la industria de la microelectrónica y los semiconductores

Antecedentes: Las industrias de microelectrónica y semiconductores requieren soldadura de ultra alta precisión (por ejemplo, empaque de chips, fabricación de sensores) con diámetros de electrodo < 1,0 mm y tamaños de junta de soldadura < 0,2 mm. Las capacidades de microsoldadura y las características de bajo aporte de calor de los electrodos de itrio y tungsteno los convierten en la opción preferida.

Dirección de aplicación:

Paquete de chips: cables de cobre y oro soldados, corriente 5 ~ 20 A, radio de punta < 0,1 mm. El arco fino del electrodo de itrio y tungsteno (<0,5 mm) garantiza la precisión de la unión de soldadura. Fabricación de sensores: sensores microsoldados de acero inoxidable y aleación de titanio con una zona afectada por el calor < 0,1 mm. La baja volatilidad del electrodo WY20 es adecuada para entornos de vacío.

Dispositivos MEMS: Soldadura de sistemas microelectromecánicos (MEMS) con una corriente < 10 A. Electrodos de ultraprecisión desarrollados (diámetro 0,3 ~ 0,5 mm) para admitir la precisión a nanoescala.

Optoelectrónica: Al soldar conectores de fibra óptica, la alta estabilidad del arco de los electrodos de tungsteno de itrio reduce los defectos de las juntas de soldadura.

Tendencia de desarrollo: se espera que el mercado de semiconductores alcance \$ 1 billón en 2030, y la demanda de microsoldadura impulsará la investigación y el desarrollo de electrodos de tungsteno de itrio de ultraprecisión, y se espera que la participación de mercado aumente en un 15% ~ 20%.

10.3 Tendencias del mercado y de las políticas de los electrodos de itrio y tungsteno

Las tendencias del mercado y las políticas tendrán un profundo impacto en el patrón de oferta y demanda, los costos de producción y la competitividad internacional de los electrodos de itrio y tungsteno.

10.3.1 Pronóstico de la demanda del mercado global de electrodos de itrio y tungsteno

Antecedentes: Se espera que el mercado mundial de equipos de soldadura crezca a una tasa anual del 6% ~ 8% en 2025 ~ 2030, y la demanda de electrodos de itrio y tungsteno como materiales de soldadura de alta gama crecerá simultáneamente. China, Estados Unidos y Europa son los principales mercados, que representan más del 70% de la demanda mundial.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Previsión:

Crecimiento de la demanda: La expansión de las industrias aeroespacial, de nuevas energías y microelectrónica impulsará el crecimiento anual de la demanda de electrodos de itrio y tungsteno en un 10% ~ 15%, y se espera que el tamaño del mercado global alcance los US \$ 500 millones para 2025.

Distribución regional: China representa el 40% de la cuota de mercado (gracias a las ventajas de los recursos de tierras raras), Estados Unidos y Europa representan cada uno el 20%. Asia Pacífico (India, Sudeste Asiático) experimentó el crecimiento más rápido de la demanda (>12%).

Impulsado por la aplicación: Las nuevas energías (baterías, energía eólica) representaron el 30% del crecimiento de la demanda, la aeroespacial representó el 25% y la microelectrónica representó el 20%.

Electrodos de gama alta: La cuota de mercado de los electrodos dopados WY30 y compuestos aumentará del 10% al 20% para satisfacer las demandas de alto rendimiento.

Factores que influyen:

La proliferación de equipos de soldadura automatizados está aumentando la demanda de electrodos de alto rendimiento.

Las regulaciones ambientales están impulsando el reemplazo de los electrodos de tungsteno de torio, y se espera que la participación de mercado de los electrodos de tungsteno de itrio aumente al 50%.

10.3.2 Impacto de la política de recursos de tierras raras en la producción

Antecedentes: La producción de electrodos de itrio y tungsteno se basa en recursos de tierras raras (óxido de itrio) y recursos de tungsteno. China tiene el 70% de las reservas mundiales de tierras raras y el 80% de las reservas de tungsteno, pero las estrictas políticas de extracción y exportación de recursos afectan los costos de producción y la estabilidad de la cadena de suministro.

Tendencias políticas:

Política de tierras raras de China: China fortalece la supervisión ambiental de la minería de tierras raras, las cuotas de tierras raras pueden reducirse en un 10% ~ 15% a partir de 2025 y se espera que los precios del óxido de itrio aumenten en un 5% ~ 10%.

Restricciones a la exportación: Los aranceles de exportación de tierras raras pueden aumentar, lo que lleva a los fabricantes a optimizar las tecnologías de reciclaje (tasas de reciclaje > del 90%).

Desarrollo de recursos alternativos: Australia y Estados Unidos están acelerando el desarrollo de minerales de tierras raras, y se espera que la oferta mundial aumente en un 20% para 2030, aliviando la dependencia de China de los recursos.

Tecnología de minería verde: Promover tecnologías de purificación de baja contaminación (como el intercambio iónico y la separación por membranas) para reducir la descarga de líquidos residuales y cumplir con las regulaciones ambientales.

Impacto: Las políticas de tierras raras pueden aumentar el costo de producción de los electrodos de itrio y tungsteno en un 5% ~ 10%, pero la tecnología de reciclaje y la diversificación de la cadena de suministro global aliviarán la presión. Los fabricantes deben invertir en equipos de purificación ecológicos para garantizar la estabilidad de los recursos.

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

CTIA GROUP LTD

Yttrium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Yttrium Tungsten Electrode

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

2. Key Features of Yttrium Tungsten Electrode

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

3. Typical Specifications of Yttrium Tungsten Electrode

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

4. Applications of Yttrium Tungsten Electrode

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

5. Why Choose Yttrium Tungsten Electrode?

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

6. Procurement Information

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

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

Tel: 0086 592 512 9696
CTIAQCD -MA-E/P 2018- 2024V
sales@chinatungsten.com

10.3.3 Comercio internacional y optimización de la cadena de suministro

Antecedentes: La cadena de suministro global de electrodos de itrio y tungsteno involucra a China (principales productores), Estados Unidos (centros de innovación tecnológica) y Europa (mercados de aplicaciones de alta gama). Las barreras comerciales, los costos de transporte y la geopolítica afectan la eficiencia de la cadena de suministro.

Tendencia:

Barreras comerciales: Estados Unidos y Europa pueden imponer aranceles a los productos de tierras raras (5% ~ 10%), y los fabricantes chinos deben optimizar sus estrategias de exportación y expandir los mercados del sudeste asiático y América del Sur.

Localización de la cadena de suministro: Estados Unidos y Europa invierten en la producción local de electrodos de tungsteno, y se espera que la capacidad de producción local represente el 20% ~ 30% para 2030, reduciendo la dependencia de China.

Cadena de suministro digital: Emplee la tecnología blockchain para rastrear el origen del tungsteno y las materias primas de tierras raras, garantizando la transparencia y el cumplimiento.

Optimización logística: Reduzca los costos de transporte en un 10% ~ 15% y acorte los ciclos de entrega a través de sistemas logísticos inteligentes (IA que pronostica la demanda).

Impacto: La optimización de la cadena de suministro mejorará la competitividad global de los electrodos de itrio y tungsteno y reducirá los costos logísticos. Los fabricantes chinos necesitan fortalecer la innovación tecnológica y la construcción de marcas para hacer frente a la competencia internacional.



Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

Apéndice

A. Glosario

Electrodo de itrio y tungsteno: Un electrodo no radiactivo dopado con óxido de itrio al 1% ~ 2% a base de tungsteno, adecuado para procesos de soldadura de superaleación y plasma.

Óxido de itrio (Y_2O_3): Un aditivo de óxido de tierras raras que mejora la estabilidad a altas temperaturas y las propiedades de arco de los electrodos de tungsteno.

Función de trabajo de escape de electrones: La cantidad mínima de energía requerida para que los electrones escapen de la superficie del electrodo determina el rendimiento del arco.

Rendimiento de arranque de arco: La capacidad del electrodo para formar un arco estable a bajas corrientes.

Estabilidad del arco: El arco mantiene una característica continua y sin fluctuaciones durante el proceso de soldadura.

Tasa de quemado: La tasa de pérdida de masa del electrodo durante la soldadura a alta temperatura.

Soldadura TIG (soldadura con gas inerte de tungsteno): Un proceso de soldadura por arco de tungsteno argón que utiliza protección con gas inerte.

Soldadura por arco de plasma: Un proceso que utiliza arcos de plasma de alta temperatura para soldadura de alta precisión.

Pulvimetalurgia: Una tecnología para preparar electrodos de itrio y tungsteno a través de la mezcla, prensado y sinterización de polvos.

Microestructura: Las características de distribución de grano y fase del material del electrodo bajo un microscopio.

ISO 6848: Norma para la clasificación y los requisitos técnicos de los electrodos de tungsteno desarrollada por la Organización Internacional de Normalización.

AWS A5.12: Un estándar de especificación para electrodos de tungsteno desarrollado por la Sociedad Estadounidense de Soldadura.

SEM (microscopio electrónico de barrido): Un microscopio electrónico de barrido utilizado para analizar la morfología de la superficie y la microestructura de los electrodos.

ICP-MS (Espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente): Espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente para la detección del contenido de óxido de itrio e impurezas.

Sinterización por plasma de chispa (SPS): Una técnica de sinterización rápida utilizada para preparar electrodos de itrio-tungsteno de alto rendimiento.

B. Referencias

- [1] Wikipedia, tungsteno, <https://zh.wikipedia.org/wiki/tungsteno>
- [2] Chinatungsten Online, Análisis de electrodos de itrio y tungsteno, <http://www.ctia.com.cn>
- [3] ISO 6848:2015, Consumibles de soldadura: electrodos de tungsteno no consumibles para soldadura por arco
- [4] AWS A5.12: 2009, Especificación para electrodos de tungsteno dispersos de tungsteno y óxido para soldadura por arco
- [5] EN 26848:1991, Electrodos de tungsteno para soldadura por arco
- [6] Ciencia e ingeniería de materiales: A, Estándares y pruebas de electrodos de tungsteno dopados

Declaración de derechos de autor y responsabilidad legal

con itrio, Elsevier, 2023

[7] Ciencia e ingeniería de materiales: A, Equipo de fabricación para electrodos de tungsteno dopados con itrio, Elsevier, 2022

[8] AWS A5.12: Especificación para electrodos de tungsteno dispersos de tungsteno y óxido para soldadura por arco