

Enciclopedia del electrodo de torio y tungsteno

中钨智造科技有限公司
CTIA GROUP LTD

CTIA GRUPO 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 del 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 de tungsteno, molibdeno y 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 de su empresa matriz, servicios superiores y reputación comercial global, 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 cuenta oficial que alcanzan miles de millones de veces, se ha convertido en un centro de información global y autorizado reconocido para las industrias de tungsteno, molibdeno y tierras raras, que brinda 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 centra en satisfacer las necesidades personalizadas de los clientes. Utilizando la tecnología de IA, diseña y produce de forma colaborativa productos de tungsteno y molibdeno con composiciones químicas y propiedades físicas específicas (como el tamaño de partícula, la densidad, la dureza, la resistencia, las dimensiones y las 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 embalaje y la logística. Durante los últimos 30 años, CHINATUNGSTEN ONLINE ha proporcionado 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 la fabricación inteligente y la innovación integrada de materiales de tungsteno y molibdeno en la era del 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 análisis de conocimientos, tecnología, precios del tungsteno y tendencias del 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. Adhiriéndose al principio de proporcionar información profesional y de alta calidad a la industria, el equipo de CTIA GROUP escribe continuamente documentos 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 a la innovación tecnológica, la promoción de productos y los intercambios industriales 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

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

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO_2). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8–1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7–2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8–3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8–4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. 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

- 1.1 Definición y descripción general del electrodo de tungsteno de torio
- 1.2 La importancia del electrodo de torio y tungsteno en la industria de la soldadura
- 1.3 Antecedentes de la investigación y la aplicación

Capítulo 2 Tipos de electrodo de torio y tungsteno

- 2.1 Los electrodos de tungsteno de torio se clasifican según el contenido de óxido de torio
 - 2.1.1 WT10 (Pintura amarilla)
 - 2.1.2 WT20 (Pintura roja)
 - 2.1.3 WT30 (Pintura morada)
 - 2.1.4 WT40 (Pintura naranja)
- 2.2 Los electrodos de tungsteno de torio se clasifican según los escenarios de aplicación
 - 2.2.1 Electrodo de tungsteno de torio para soldadura de CC
 - 2.2.2 Electrodo de torio y tungsteno para soldadura de CA (escena especial)
- 2.3 Comparación del electrodo de tungsteno de torio con otro electrodo de tungsteno
 - 2.3.1 Electrodo de tungsteno puro
 - 2.3.2 Electrodo de cerio y tungsteno
 - 2.3.3 Electrodo de lantano y tungsteno
 - 2.3.4 Electrodo de tungsteno de circonio
 - 2.3.5 Electrodo de tungsteno de itrio

Capítulo 3 Características del electrodo de torio y tungsteno

- 3.1 Propiedades físicas del electrodo de torio y tungsteno
 - 3.1.1 Alto punto de fusión y estabilidad térmica del electrodo de torio y tungsteno
 - 3.1.2 Trabajo electrónico del electrodo de torio y tungsteno
 - 3.1.3 Conductividad y propiedades mecánicas del electrodo de torio y tungsteno
- 3.2 Propiedades químicas del electrodo de torio y tungsteno
 - 3.2.1 Resistencia a la oxidación del electrodo de torio y tungsteno
 - 3.2.2 Estabilidad química del electrodo de torio y tungsteno
- 3.3 Rendimiento de soldadura del electrodo de torio y tungsteno
 - 3.3.1 Rendimiento de iniciación del arco del electrodo de torio y tungsteno
 - 3.3.2 Estabilidad del arco del electrodo de torio y tungsteno
 - 3.3.3 Tasa de quemado del electrodo de torio y tungsteno
 - 3.3.4 Rendimiento del electrodo de torio y tungsteno a altas corrientes de carga
- 3.4 Propiedades radiactivas del electrodo de torio y tungsteno
 - 3.4.1 Trazas de radiactividad del óxido de torio
 - 3.4.2 Impactos sobre la salud y el medio ambiente
 - 3.4.3 Comparación del electrodo de torio y tungsteno con el electrodo no radiactivo
- 3.5 Electrodo de tungsteno de torio MSDS de CTIA GROUP LTD

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Capítulo 4 Tecnología de preparación y producción de electrodos de torio y tungsteno

- 4.1 Preparación de materias primas para electrodo de torio y tungsteno
 - 4.1.1 Selección y purificación de polvo de tungsteno
 - 4.1.2 Proceso de dopaje con óxido de torio
- 4.2 Proceso de metalurgia en polvo del electrodo de tungsteno de torio
 - 4.2.1 Mezcla y prensado
 - 4.2.2 Proceso de sinterización
 - 4.2.3 Tratamiento térmico y control de grano
- 4.3 Proceso de laminación y molienda del electrodo de tungsteno y torio
 - 4.3.1 Conformación de varillas de electrodos
 - 4.3.2 Pulido de superficies y control de precisión
- 4.4 Control de calidad del electrodo de tungsteno de torio
 - 4.4.1 Pruebas de uniformidad de ingredientes
 - 4.4.2 Inspección de calidad dimensional y superficial
- 4.5 Prevención y control de la contaminación radiactiva del electrodo de torio y tungsteno
 - 4.5.1 Gestión de residuos radiactivos en el proceso de producción
 - 4.5.2 Medidas de protección y requisitos del equipo
 - 4.5.3 Tratamiento de aguas residuales y residuos sólidos

Capítulo 5 Usos del electrodo de torio y tungsteno

- 5.1 Aplicación del electrodo de torio y tungsteno en el campo de la soldadura
 - 5.1.1 Soldadura con gas inerte de tungsteno (TIG)
 - 5.1.2 Soldadura por plasma
 - 5.1.3 Soldadura de ánodo de CC (acero al carbono, acero inoxidable, aleación de níquel, aleación de titanio, etc.)
- 5.2 Aplicación del electrodo de torio y tungsteno en otras industrias
 - 5.2.1 Materiales catódicos en electrónica de vacío
 - 5.2.2 Corte e iniciación del arco
- 5.3 Limitaciones de los escenarios de aplicación de electrodos de torio y tungsteno
 - 5.3.1 Escenarios de uso radiactivo
 - 5.3.2 Tendencias de aplicación de electrodos alternativos

Capítulo 6 Equipo de producción para electrodo de tungsteno y torio

- 6.1 Equipo de procesamiento de materias primas para electrodo de tungsteno y torio
 - 6.1.1 Equipo de molienda y cribado de polvo de tungsteno
 - 6.1.2 Equipo de dopaje con óxido de torio
- 6.2 Equipo de pulvimetalurgia para electrodo de tungsteno de torio
 - 6.2.1 Mezcladores
 - 6.2.2 Prensas
 - 6.2.3 Horno de sinterización a alta temperatura
- 6.3 Equipo de formación y procesamiento para electrodo de torio y tungsteno
 - 6.3.1 Calendarios
 - 6.3.2 Equipo de esmerilado y pulido

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

6.4 Equipo de radioprotección para electrodo de torio y tungsteno

6.4.1 Amoladora especial y sistema de eliminación de polvo

6.4.2 Recintos y equipos de ventilación

6.4.3 Equipos de eliminación de residuos radiactivos

6.5 Equipo de prueba para electrodo de tungsteno de torio

6.5.1 Detector de tasa de dosis de radiación X- γ

6.5.2 α , β Detector de contaminación superficial

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

7.1 Normas internacionales para electrodos de torio y tungsteno

7.1.1 ISO 6848:2015 (Clasificación y requisitos para electrodos de tungsteno)

7.1.2 AWS A5.12/A5.12M (Especificación de electrodos de tungsteno del Instituto Americano de Soldadura)

7.1.3 EN 26848 (norma europea para electrodos de tungsteno)

7.2 Normas nacionales para el electrodo de torio y tungsteno

7.2.1 GB/T 4187-2017 (Norma nacional para electrodos de tungsteno)

7.2.2 GB 18871-2002 (norma básica para la protección contra las radiaciones ionizantes y la seguridad de las fuentes de radiación)

7.2.3 Medidas para la vigilancia de la radiación ambiental y la divulgación de información de las empresas para el desarrollo y la utilización de minerales radiactivos asociados (para la realización de ensayos)

7.3 Normas de seguridad radiactiva para electrodos de torio y tungsteno

7.3.1 Concentración de actividad exenta de torio-232 (1 Bq/g)

7.3.2 Requisitos de protección en la producción y el uso

Capítulo 8 Métodos de detección de electrodo de torio y tungsteno

8.1 Detección de la composición química del electrodo de torio y tungsteno

8.1.1 Análisis del contenido de óxido de torio

8.1.2 Detección de contenido de impurezas

8.2 Prueba de las propiedades físicas del electrodo de torio y tungsteno

8.2.1 Ensayos de densidad y dureza

8.2.2 Análisis de la estructura del grano

8.3 Detección de radiactividad del electrodo de torio y tungsteno

8.3.1 Detección de la tasa de dosis de radiación X- γ

8.3.2 α , β Detección de contaminación superficial

8.3.3 Monitoreo de radiación ambiental

8.4 Prueba de rendimiento de soldadura del electrodo de tungsteno y torio

8.4.1 Prueba de rendimiento de arco

8.4.2 Prueba de estabilidad del arco y velocidad de combustión

8.5 Equipo de prueba y calibración del electrodo de torio y tungsteno

8.5.1 Requisitos de calibración para instrumentos de ensayo

8.5.2 Entorno de prueba y especificaciones de operación

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Capítulo 9 Ventajas y desventajas del electrodo de torio y tungsteno

9.1 Ventajas del electrodo de torio y tungsteno

9.1.1 Excelente rendimiento de soldadura

9.1.2 Resistencia a altas temperaturas y resistencia al desgaste

9.2 Desventajas del electrodo de tungsteno de torio

9.2.1 Riesgo de contaminación radiactiva

9.2.2 Impactos ambientales y de salud

Capítulo 10 Almacenamiento, transporte y gestión de la seguridad del electrodo de torio y tungsteno

10.1 Requisitos de condiciones y entorno de almacenamiento

10.2 Normas de embalaje y medidas de protección

10.3 Precauciones de seguridad durante el transporte

10.4 Prácticas de gestión de la seguridad de los materiales radiactivos

10.5 Manejo de Emergencias y Prevención de Accidentes

Capítulo 11 Tendencias y desafíos futuros del desarrollo futuro del electrodo de torio y tungsteno

11.1 Progreso de la investigación y el desarrollo de materiales alternativos para el electrodo de torio y tungsteno

11.2 Protección del medio ambiente y presión de seguridad radiológica

11.3 Nuevos Procesos de Preparación y Fabricación Ecológica

11.4 Dirección de mejora del rendimiento del electrodo de tungsteno y torio

11.5 Cambios en la demanda del mercado y desarrollo de la cadena industrial

11.6 Impacto de las políticas y regulaciones y desarrollo del cumplimiento

Apéndice

A. Glosario

B. Referencias

Capítulo 1 Introducción

1.1 Definición y descripción general del electrodo de torio y tungsteno

El electrodo de tungsteno de torio es un electrodo de aleación con tungsteno de alta pureza como matriz y dopado con una pequeña cantidad de óxido de torio (ThO_2 , generalmente entre 0.9% y 4.2%), que se usa ampliamente en procesos de soldadura de alta precisión, como la soldadura con protección de gas inerte de tungsteno (soldadura TIG). Su componente principal, el tungsteno, tiene un punto de fusión extremadamente alto (alrededor de 3422°C) y una excelente conductividad eléctrica, mientras que la adición de óxido de torio reduce significativamente el trabajo electrónico del electrodo (aproximadamente 2,63 eV), mejorando así el rendimiento de iniciación del arco y la estabilidad del arco. Los electrodos de tungsteno de torio generalmente se clasifican por diferentes contenidos de óxido de torio, y los modelos más comunes en el mundo incluyen WT10 (0,9-1,2% de ThO_2 , recubrimiento amarillo), WT20 (1,8-2,2% de ThO_2 , punta de recubrimiento rojo), WT30 (2,8-3,2% de ThO_2 , aplicador morado) y WT40 (3,8-4,2% de ThO_2 , aplicador amarillo anaranjado). Estos modelos están codificados por colores para una fácil diferenciación en la producción y el uso.

La apariencia de los electrodos de tungsteno y torio tiene forma de varilla, generalmente entre 0,5 mm y 10 mm de diámetro, y la longitud es generalmente de 150 mm o 175 mm, y la superficie está rectificada y pulida con precisión para garantizar la estabilidad durante el proceso de soldadura. Sus propiedades únicas se derivan del alto punto de fusión del tungsteno y la capacidad de emisión térmica de electrones del óxido de torio, lo que le permite mantener un arco estable bajo altas cargas de corriente al tiempo que reduce el quemado de los electrodos. El dopaje de óxido de torio no solo mejora la resistencia a altas temperaturas del electrodo, sino que también lo hace excelente en la soldadura de ánodo de CC (DCEN), especialmente adecuado para la soldadura de acero al carbono, acero inoxidable, aleación de níquel y aleación de titanio.

Sin embargo, los electrodos de tungsteno y torio se caracterizan por trazas de radiactividad (principalmente α y radiación de partículas β debido a su contenido de óxido de torio, lo que hace que requieran precauciones especiales durante la producción, el almacenamiento y el uso. A pesar de sus bajos niveles de radiactividad (el torio-232 tiene una concentración de actividad exenta de 1 Bq/g), la exposición a largo plazo puede tener efectos potenciales sobre la salud y el medio ambiente. Por lo tanto, en los últimos años, los electrodos no radiactivos como el tungsteno de cerio y el tungsteno de lantano se han convertido gradualmente en sustitutos, pero los electrodos de tungsteno de torio siguen ocupando una posición importante en campos específicos debido a sus excelentes propiedades de soldadura.

1.2 La importancia de los electrodos de tungsteno y torio en la industria de la soldadura

Los electrodos de torio y tungsteno tienen una importancia insustituible en la industria de la soldadura, especialmente en procesos de alta precisión como la soldadura por arco de tungsteno y argón (soldadura TIG) y la soldadura por plasma. La soldadura TIG es un método de soldadura que utiliza un gas inerte (como argón o helio) para proteger el arco y el baño de soldadura, y se usa ampliamente en la industria aeroespacial, nuclear, fabricación de automóviles y construcción naval. Los electrodos de torio y tungsteno se han convertido en el material de electrodo preferido para la

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

soldadura TIG debido a su excelente rendimiento de iniciación de arco y estabilidad del arco.

En primer lugar, el electrodo de tungsteno de torio funciona bien en la soldadura de ánodos de CC. Su trabajo de escape de electrones bajo permite que el electrodo inicie fácilmente el arco y el arco permanece estable a altas corrientes, lo que reduce las salpicaduras y los defectos de soldadura. Esto es especialmente importante para soldar metales con altos puntos de fusión, como aleaciones de titanio y aceros inoxidables. Por ejemplo, en la industria aeroespacial, donde la soldadura de componentes de titanio requiere una precisión y una calidad superficial extremadamente altas, los electrodos de tungsteno y torio garantizan la uniformidad y la resistencia de la soldadura. Además, la baja tasa de quemado de los electrodos de tungsteno y torio bajo altas cargas de corriente prolonga la vida útil de los electrodos y reduce los costos de producción.

En segundo lugar, la alta conductividad y estabilidad térmica de los electrodos de tungsteno y torio los hacen adecuados para soldar una amplia gama de materiales, incluidos acero al carbono, acero aleado, aleaciones de cobre y aleaciones a base de níquel. Los electrodos con diferentes contenidos de óxido de torio, como WT20 y WT40, se pueden seleccionar de acuerdo con la corriente de soldadura y el tipo de material para satisfacer las diferentes necesidades del proceso. Por ejemplo, WT20 es más utilizado en soldadura de corriente media debido a su contenido moderado de óxido de torio (1.8-2.2%), mientras que WT40 es más adecuado para escenarios industriales de alta corriente y servicio pesado.

Además, los electrodos de tungsteno y torio también tienen aplicaciones importantes en la soldadura por plasma y el corte por arco. La soldadura por plasma requiere que el electrodo mantenga la estabilidad en un entorno de plasma de alta temperatura y alta presión, y la resistencia a altas temperaturas de los electrodos de torio y tungsteno la convierte en una opción ideal. En el corte por arco, los electrodos de tungsteno y torio pueden proporcionar un arco de alta resistencia para garantizar la eficiencia y la precisión del corte. Estas propiedades hacen que los electrodos de tungsteno y torio sean indispensables en la industria moderna, y aunque sus problemas de radiactividad han llevado al estudio de materiales alternativos, sus ventajas en escenarios específicos de alta demanda aún son difíciles de reemplazar por completo.

1.3 Antecedentes de la investigación y aplicación

El desarrollo y la aplicación de los electrodos de tungsteno y torio comenzaron a principios del siglo XX y se desarrollaron gradualmente con el auge de la tecnología de soldadura por arco. El tungsteno es una opción ideal para los materiales de electrodos debido a su alto punto de fusión y excelente conductividad eléctrica, pero la dificultad de iniciación del arco y la inestabilidad del arco de los electrodos de tungsteno puro a altas corrientes limitan su aplicación. En los años 30 del siglo XX, los investigadores descubrieron que el rendimiento de los electrodos de tungsteno podía mejorarse significativamente dopando una pequeña cantidad de óxido de torio. El descubrimiento de que el bajo trabajo electrónico del óxido de torio reduce la energía necesaria para el inicio del arco al tiempo que mejora la durabilidad del electrodo a altas temperaturas, lo que ha llevado a la aplicación generalizada de electrodos de tungsteno de torio.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

En las décadas siguientes, el proceso de preparación de electrodos de tungsteno y torio continuó mejorando. La introducción de la tecnología pulvimetalúrgica ha permitido tener una distribución uniforme del óxido de torio, lo que mejora la calidad y la consistencia de los electrodos. En los años 80 del siglo XX, con la popularización de la tecnología de soldadura TIG, los electrodos de tungsteno y torio se convirtieron en los materiales principales en la industria de la soldadura, y también se formularon normas internacionales (como ISO 6848 y AWS A5.12) para regular su producción y uso.

Sin embargo, la radiactividad de los electrodos de tungsteno y torio ha atraído gradualmente la atención. El torio-232 en el óxido de torio es un elemento radiactivo natural, y su desintegración libera partículas de α y pequeñas cantidades de radiación β y γ . A pesar de sus bajos niveles de radiactividad, aún puede representar un riesgo potencial para la salud de los trabajadores y el medio ambiente durante la producción y el uso, como el polvo generado durante el rectificado de electrodos. Desde los años 90 del siglo XX, los países europeos y americanos han comenzado a promover la investigación y el desarrollo de electrodos no radiactivos, y los electrodos de tungsteno de cerio (WC20) y los electrodos de tungsteno de lantano (WL20) han entrado gradualmente en el mercado. Estos electrodos alternativos están cerca de los electrodos de tungsteno de torio en términos de rendimiento y no tienen riesgo radiactivo, por lo que están reemplazando gradualmente a los electrodos de tungsteno de torio en algunas áreas.

A pesar de esto, los electrodos de tungsteno de torio todavía tienen ventajas únicas en algunas áreas exigentes. Por ejemplo, en la industria nuclear y aeroespacial, los electrodos de tungsteno y torio siguen siendo el material de elección debido a su excelente estabilidad al arco y resistencia a altas temperaturas. En los últimos años, el enfoque de la investigación se ha desplazado hacia la optimización del proceso de producción de electrodos de tungsteno de torio para reducir la contaminación radiactiva, al tiempo que se exploran nuevos materiales dopantes para mejorar aún más el rendimiento. Además, con regulaciones ambientales cada vez más estrictas, la producción y el uso de electrodos de tungsteno y torio están más restringidos, lo que lleva a la industria a desarrollar alternativas más seguras y respetuosas con el medio ambiente.

A nivel mundial, la aplicación e investigación de electrodos de tungsteno de torio continúa. Como país importante en recursos de tungsteno, China ocupa una posición importante en la producción y exportación de electrodos de tungsteno y torio, y las empresas relacionadas continúan mejorando sus procesos de producción para cumplir con los estándares internacionales. Al mismo tiempo, la demanda de electrodos de tungsteno y torio en la industria internacional de soldadura sigue siendo fuerte, especialmente en los países en desarrollo y en sectores industriales específicos. En el futuro, con el avance de nuevos materiales y procesos, el papel de los electrodos de tungsteno y torio puede cambiar, pero su importante posición en la historia de la tecnología de soldadura es innegable.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal



ELECTRODO CTIA GROUP LTD WT20

Capítulo 2 Tipos de electrodos de torio y tungsteno

Como consumibles principales en la soldadura con protección de gas inerte de tungsteno (soldadura TIG) y la soldadura por plasma, hay muchos tipos de electrodos de tungsteno y torio, que se pueden clasificar cuidadosamente de acuerdo con los diferentes contenidos de óxido de torio y escenarios de aplicación. La clasificación de los electrodos de tungsteno y torio no solo refleja las diferencias en su composición química y propiedades físicas, sino que también refleja su aplicabilidad en diferentes procesos de soldadura y escenarios industriales. Este capítulo discutirá en detalle la clasificación de los electrodos de tungsteno de torio por contenido de óxido de torio, la clasificación por escenario de aplicación y la comparación con otros tipos de electrodos de tungsteno.

2.1 Los electrodos de tungsteno de torio se clasifican según el contenido de óxido de torio

Las principales características del electrodo de tungsteno y torio se derivan del óxido de torio dopado (ThO_2) en la matriz de tungsteno, y su contenido afecta directamente el trabajo electrónico del electrodo, la estabilidad del arco, la tasa de quemado y el rango de corriente aplicable. Las normas internacionales (por ejemplo, ISO 6848:2015 y AWS A5.12/A5.12M) clasifican los electrodos de tungsteno y torio en múltiples modelos en función de su contenido de óxido de torio y los identifican con aplicadores de diferentes colores para una fácil diferenciación en la producción y el uso. Estos son cuatro modelos comunes: WT10, WT20, WT30 y WT40, cada uno con diferencias significativas en el rendimiento y los escenarios de aplicación.

2.1.1 WT10 (Pintura amarilla)

El electrodo de tungsteno y torio WT10 contiene un electrodo de tungsteno de torio del 0,8-1,2%, que es el tipo de electrodo de tungsteno de torio con el contenido más bajo de óxido de torio, y se identifica con una cabeza de recubrimiento amarilla. Su bajo contenido de óxido de torio

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

proporciona un equilibrio entre el trabajo de electrones y el rendimiento de la soldadura, lo que lo hace adecuado para tareas de soldadura de corriente baja a media.

Características de rendimiento:

El trabajo electrónico del electrodo WT10 es de aproximadamente 2,63 eV, que es menor que el del electrodo de tungsteno puro (aproximadamente 4,5 eV), lo que reduce significativamente la energía requerida para el arranque del arco, lo que lo hace tener un buen rendimiento de iniciación de arco en condiciones de baja corriente (generalmente 50-150 A). La estabilidad del arco es mejor, especialmente en la soldadura de electrodo negativo de CC (DCEN), donde el arco se concentra y hay menos salpicaduras. Debido al bajo contenido de óxido de torio, WT10 tiene una tasa de quemado relativamente alta, especialmente a altas corrientes o durante largos períodos de soldadura continua, donde la punta del electrodo puede estar ligeramente derretida o agotada en torio.

El nivel de radiactividad de WT10 es el más bajo de todos los electrodos de tungsteno de torio, y la concentración de actividad de torio-232 está cerca del estándar de exención (1 Bq / g), por lo que los requisitos de protección radiológica en la producción y el uso son relativamente relajados. Esto lo convierte en el electrodo preferido para aplicaciones industriales radiactivas, como la fabricación de dispositivos médicos.

Escenarios de aplicación

WT10 se utiliza principalmente para la soldadura de placas delgadas y la soldadura de precisión de baja corriente, y es adecuado para materiales como acero al carbono, acero inoxidable y aleaciones de cobre. Por ejemplo, en la fabricación de cuadros de bicicletas, los electrodos WT10 pueden proporcionar un arco estable, reducir el sobrecalentamiento de la soldadura y garantizar uniones de alta calidad. Además, WT10 también se puede utilizar en procesos de soldadura micro TIG, como la soldadura de precisión de componentes electrónicos.

Pros y contras:

Ventajas: baja radiactividad, buen rendimiento de inicio de arco, adecuado para soldadura de baja corriente, costo relativamente bajo.

Desventajas: Alta tasa de quemado a alta corriente, no adecuado para cargas pesadas o soldadura continua a largo plazo.

Precauciones de producción y uso

En la producción de electrodos WT10, es necesario garantizar una distribución uniforme del óxido de torio para evitar un rendimiento desigual local. Cuando se utiliza, se recomienda utilizar un ángulo de molienda adecuado (normalmente 15°-30°) para optimizar la concentración del arco. Además, se requieren molinos especiales y equipos de eliminación de polvo durante el proceso de molienda para reducir el riesgo de inhalación de polvo de torio.

2.1.2 WT20 (pintura roja)

WT20 es actualmente el tipo de electrodo de tungsteno de torio más utilizado, con un contenido de óxido de torio del 1,7-2,2%, y se identifica por una capa roja. Su contenido moderado de óxido de

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

torio le permite lograr el mejor equilibrio entre rendimiento, costo y aplicabilidad, y es ampliamente utilizado en soldadura industrial.

Características de rendimiento:

El trabajo electrónico del electrodo WT20 es similar al del WT10, pero su estabilidad del arco mejora aún más debido al mayor contenido de óxido de torio, lo que lo hace adecuado para el rango de corriente media a alta (100-300 A). En la soldadura de ánodos de CC, WT20 puede mantener un arco concentrado y estable, lo que reduce los defectos de soldadura. En comparación con WT10, WT20 tiene una tasa de quemado más baja y la punta del electrodo es más duradera a altas temperaturas, lo que la hace adecuada para la soldadura continua durante períodos de tiempo más largos.

WT20 tiene un nivel de radiactividad ligeramente más alto que WT10, pero aún se encuentra dentro de un rango seguro. Las medidas de protección en la producción y el uso deben seguir estrictamente las normas pertinentes (como GB 18871-2002), incluido el uso de máscaras protectoras y el uso de equipos de ventilación.

Escenarios de aplicación

WT20 es un electrodo "todoterreno" en soldadura TIG, que se usa ampliamente en la soldadura de acero inoxidable, acero al carbono, aleaciones de níquel y aleaciones de titanio. En el sector aeroespacial, WT20 se usa comúnmente para la soldadura de componentes de aleación de titanio, como la fabricación de palas de motores de aviones, donde su arco estable y su baja tasa de quemado garantizan soldaduras de alta calidad. En la industria petroquímica, WT20 también se usa comúnmente para la soldadura de tuberías, especialmente para unir materiales resistentes a la corrosión en entornos hostiles.

Pros y contras:

Ventajas: fuerte estabilidad del arco, baja tasa de quemado, amplio rango de corriente aplicable, adecuado para una variedad de materiales.

Desventajas: Radiactividad ligeramente superior, se requiere una protección estricta; El costo es más alto que WT10.

Precauciones de producción y uso

La producción de WT20 requiere un control preciso de la relación de dopaje del óxido de torio para garantizar un rendimiento constante. Al usarlo, se recomienda usar un ángulo de molienda de 20 ° a 35 ° y verificar regularmente el estado de la punta del electrodo cuando se suelda a alta corriente para evitar que la pérdida de torio afecte la calidad de la soldadura. El polvo de molienda debe recogerse y eliminarse adecuadamente para evitar la contaminación ambiental.

2.1.3 WT30 (Pintura morada)

El electrodo WT30 contiene 2,8-3,2% de óxido de torio y está identificado con una cabeza recubierta de púrpura, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de soldadura de alta corriente y alta resistencia. Su alto contenido de óxido de torio mejora significativamente la resistencia a altas temperaturas y

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

la estabilidad del arco del electrodo.

Características de rendimiento:

El trabajo electrónico de WT30 es ligeramente menor que el de WT20, lo que reduce aún más la dificultad del arco eléctrico, y el arco permanece estable a altas corrientes (200-400 A). Su tasa de combustión es la más baja entre los electrodos de tungsteno de torio, y la punta del electrodo no es fácil de derretir o deformar a alta temperatura y alta presión, lo que es adecuado para la soldadura continua a largo plazo. La excelente conductividad y estabilidad térmica del WT30 lo hacen excelente en escenarios industriales pesados.

Sin embargo, el alto contenido de óxido de torio da como resultado niveles más altos de radiactividad y requisitos de protección más estrictos en la producción y el uso. Los operadores deben usar equipo de protección y asegurarse de que el entorno de trabajo esté bien ventilado.

Escenarios de aplicación

WT30 se utiliza principalmente para la soldadura de placas gruesas y la fabricación de piezas estructurales pesadas, como la soldadura de placas de acero en la construcción naval, la soldadura de recipientes a presión en plantas de energía nuclear y el ensamblaje de maquinaria y equipos grandes. Su capacidad para mantener un arco estable a altas corrientes lo hace adecuado para soldar materiales con altos puntos de fusión, como aleaciones de titanio y aleaciones a base de níquel. Además, WT30 también se puede utilizar para la soldadura por plasma y el corte por arco, donde se requieren electrodos para mantener el rendimiento en condiciones extremas.

Pros y contras:

Ventajas: excelente estabilidad del arco, tasa de quemado muy baja, adecuado para soldadura de alta corriente y alta resistencia.

Desventajas: alta radiactividad, alto costo de protección; El costo es más alto que WT10 y WT20.

Precauciones de producción y uso

La producción de WT30 requiere un proceso de pulvimetalurgia de alta precisión que garantice una distribución uniforme del óxido de torio para evitar defectos localizados. Cuando esté en uso, se recomienda tener un ángulo de molienda de 25 ° a 40 ° para optimizar la concentración y la durabilidad del arco. Durante la molienda y el uso, es necesario cumplir estrictamente con las especificaciones de protección radiactiva y estar equipado con un dispositivo de recolección especial para tratar el polvo de torio.

2.1.4 WT40 (Pintura naranja)

El electrodo WT40 contiene 3.8-4.2% de óxido de torio, identificado con una cabeza de recubrimiento de color amarillo anaranjado, y es el modelo del electrodo de tungsteno de óxido de torio más alto con el contenido de óxido de torio más alto, diseñado para soldadura de corriente extremadamente alta y alta resistencia.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Características de rendimiento:

El WT40 tiene la potencia de electrones más baja (aprox. 2,6 eV) y un excelente rendimiento de iniciación de arco, manteniendo un arco estable incluso a corrientes ultra altas (300-500 A). Su tasa de quemado es extremadamente baja y la punta del electrodo casi no tiene pérdidas obvias durante el funcionamiento a alta temperatura a largo plazo, lo que es adecuado para escenarios industriales extremos. El WT40 es extremadamente estable térmicamente y mecánicamente fuerte, y es capaz de soportar impactos de arco de alta intensidad.

Sin embargo, WT40 tiene el nivel más alto de radiactividad, y la concentración de actividad de torio-232 está cerca o ligeramente por encima del estándar de exención, y los requisitos de protección radiológica en la producción y el uso son los más estrictos. Los operadores deben estar completamente equipados con equipos de protección, y los lugares de trabajo deben estar equipados con sistemas eficientes de ventilación y recolección de polvo.

Escenarios de aplicación

WT40 se utiliza principalmente para la soldadura de placas ultragrasas y aplicaciones industriales con condiciones extremas, como la soldadura de recipientes a presión de reactores nucleares, la unión de grandes estructuras de aleación de titanio en la industria aeroespacial y la fabricación de maquinaria pesada. En el corte por plasma, el WT40 también puede proporcionar un arco de alta resistencia para garantizar la eficiencia y la precisión del corte. Su durabilidad en escenarios de alta carga lo convierte en la primera opción para aplicaciones industriales especiales.

Pros y contras:

Ventajas: Óptima estabilidad del arco, tasa de quemado más baja, adecuado para corrientes ultra altas y condiciones extremas.

Desventajas: radiactividad más alta, costo de protección extremadamente alto; Altos costos de producción y uso.

Precauciones de producción y uso

La producción de WT40 requiere el uso de equipos de alta precisión para controlar el dopaje y la distribución de óxido de torio, y el proceso de sinterización debe llevarse a cabo en un entorno de vacío a alta temperatura para garantizar la calidad. Cuando está en uso, el ángulo de molienda recomendado es de 30°-45° para adaptarse a altas demandas de corriente. Estricto cumplimiento de las normas de seguridad radiactiva durante los procesos de esmerilado y soldadura y control regular de los niveles de radiación ambiental.

2.2 Los electrodos de torio y tungsteno se clasifican según los escenarios de aplicación

Los escenarios de aplicación de los electrodos de torio y tungsteno se basan principalmente en la diferencia de rendimiento en la soldadura de corriente continua (CC) y corriente alterna (CA). Debido a que el trabajo de evolución electrónica y estabilidad del arco de los electrodos de tungsteno de torio es mejor que el de los electrodos de tungsteno puro, se utiliza principalmente para la soldadura de ánodos de CC, pero también tiene aplicaciones en escenarios específicos de soldadura de CA.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO_2). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8–1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7–2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8–3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8–4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. 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

2.2.1 Electrodo de tungsteno de torio para soldadura de CC

La soldadura de ánodo de CC (DCEN) es el escenario de aplicación más común para los electrodos de tungsteno de torio. En la soldadura DCEN, el electrodo está conectado al electrodo negativo de la fuente de alimentación, la pieza de trabajo está conectada al electrodo positivo y los electrones fluyen desde el electrodo a la pieza de trabajo, lo que da como resultado un arco concentrado y estable. En este modo, el trabajo de escape de electrones bajos y la excelente estabilidad térmica del electrodo de tungsteno de torio hacen que funcione bien.

Características de rendimiento:

En el modo DCEN, el electrodo de tungsteno y torio puede iniciar fácilmente el arco eléctrico, y el arco se concentra, y el calor se concentra principalmente en la pieza de trabajo, lo que reduce la carga de calor del electrodo. Esto proporciona a los electrodos de tungsteno de torio ventajas significativas al soldar aceros al carbono, aceros inoxidable, aleaciones de níquel y aleaciones de titanio. Los diferentes tipos de electrodos de tungsteno y torio son adecuados para diferentes rangos de corriente:

WT10: adecuado para corrientes bajas (50-150 A) para chapa fina y soldadura de precisión.

WT20: adecuado para corrientes medias a altas (100-300 A) y ampliamente utilizado en soldadura industrial.

WT30 y WT40: adecuados para corrientes altas a ultra altas (200-500 A) para soldadura de placas gruesas y de alta resistencia.

Los electrodos de tungsteno de torio tienen una baja tasa de quemado en la soldadura DCEN y una larga vida útil del electrodo, especialmente a altas corrientes, que aún pueden mantener la forma de la punta, lo que reduce la necesidad de reemplazo frecuente. Además, su alta estabilidad al arco, excelente calidad de soldadura y bajas salpicaduras lo hacen adecuado para la soldadura de alta precisión.

Escenarios de aplicación

Aeroespacial: Soldadura de componentes de aleación de titanio y níquel, como componentes del fuselaje de aviones y motores.

Industria nuclear: Soldadura de recipientes a presión y tuberías, que requieren soldaduras de alta resistencia y sin defectos.

Industria petroquímica: soldadura de tuberías y equipos con materiales resistentes a la corrosión como el acero inoxidable y las aleaciones a base de níquel.

Fabricación de automóviles: soldadura de aceros de alta resistencia y aleaciones de aluminio, como componentes de carrocería y suspensión.

Precauciones

En la soldadura DCEN, es necesario seleccionar el tipo de electrodo y el ángulo de molienda adecuados de acuerdo con el espesor del material y la corriente de soldadura. La punta del electrodo debe revisarse y rectificarse regularmente para mantener la concentración del arco. La molienda requiere el uso de un molinillo dedicado y un dispositivo de recolección de polvo para reducir el

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

riesgo de radiactividad.

2.2.2 Electrodo de tungsteno de torio para soldadura de CA (escena especial)

Aunque los electrodos de tungsteno y torio se utilizan principalmente para la soldadura DCEN, también tienen aplicaciones en escenarios específicos de soldadura de corriente alterna (CA), especialmente cuando se sueldan metales ligeros como el aluminio y el magnesio. En la soldadura de CA, la corriente se cambia periódicamente entre los electrodos positivo y negativo, y los electrodos están sujetos a cargas térmicas más altas.

Características de rendimiento:

En la soldadura de CA, los electrodos de torio y tungsteno no funcionan tan bien como los electrodos de lantano-tungsteno o circonio-tungsteno, pero aún se pueden usar en escenarios específicos. WT20 y WT30 proporcionan una buena estabilidad del arco en modo de CA debido a su mayor contenido de óxido de torio, pero la punta del electrodo es propensa a sobrecalentarse durante el ciclo de electrodo positivo (DCEP), lo que resulta en pérdida de torio y quemado del electrodo. Como resultado, los electrodos de tungsteno y torio a menudo requieren frecuencias de mantenimiento más altas en la soldadura de CA, como el esmerilado frecuente para restaurar la forma de la punta.

Escenarios de aplicación

Soldadura de aleación de aluminio: En la fabricación marina y aeroespacial, los electrodos de tungsteno de torio (generalmente WT20) se pueden usar para la soldadura AC-TIG de láminas de aluminio, especialmente cuando la alimentación de CC no está disponible.

Soldadura de aleación de magnesio: En los campos automotriz y aeroespacial, los electrodos de tungsteno de torio se pueden utilizar para la soldadura de precisión de aleaciones de magnesio, que requieren un alto control de arco.

Soldadura de reparación: En algunos escenarios de reparación de campo, los electrodos de tungsteno de torio se pueden usar como reemplazo temporal para la soldadura de CA de metales ligeros.

Precauciones

En la soldadura de CA, se recomienda utilizar un electrodo de gran diámetro (2,4-4,0 mm) para soportar la carga térmica, y el ángulo de molienda debe ser de 30 ° a 45 °, y la punta se puede redondear ligeramente para reducir el sobrecalentamiento. Se debe prestar especial atención a la protección del polvo radiactivo y se debe equipar un sistema de ventilación eficiente.

2.3 Comparación del electrodo de tungsteno de torio con otros electrodos de tungsteno

Los electrodos de tungsteno de torio ocupan una posición importante en la soldadura TIG debido a su excelente rendimiento de soldadura, pero con el desarrollo de electrodos no radiactivos, los electrodos de tungsteno puro, los electrodos de tungsteno cerio, los electrodos de tungsteno y lantano, los electrodos de tungsteno de circonio y los electrodos de tungsteno de itrio se han convertido gradualmente en opciones alternativas. La siguiente es una comparación detallada entre estos electrodos y los electrodos de tungsteno de torio.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

2.3.1 Electrodo de tungsteno puro

visión general

El electrodo de tungsteno puro (WP, cabezal de recubrimiento verde) está hecho de más del 99,5% de tungsteno puro sin ningún dopaje de óxido, que es el primer tipo de electrodo de tungsteno utilizado.

Comparación de rendimiento

Trabajo electrónico de la evolución electrónica: El trabajo electrónico del electrodo de tungsteno puro es alto (alrededor de 4,5 eV), lo que es difícil de iniciar y requiere un voltaje más alto.

Estabilidad del arco: La estabilidad del arco es pobre, especialmente a altas corrientes, el arco es propenso a la deriva.

Tasa de quemado: la tasa de quemado es alta, la punta del electrodo es fácil de derretir y la vida útil es corta.

Radiactividad: No radiactivo, seguro y respetuoso con el medio ambiente, mejor que el electrodo de tungsteno de torio.

Escenario aplicable: Se utiliza principalmente para la soldadura de CA de aleaciones de aluminio y magnesio, ya que puede formar una capa de óxido estable durante el ciclo del cátodo.

Pros y contras:

Ventajas: no radiactivo, de bajo costo, adecuado para la soldadura de CA de metales ligeros.

Desventajas: Difícil arranque del arco, poca estabilidad del arco, no apto para soldadura de alta corriente o DCEN.

Escenarios de aplicación

Los electrodos de tungsteno puro se utilizan principalmente para la soldadura de CA de bajo requisito, como la soldadura de placas de aluminio, pero han sido reemplazados gradualmente por electrodos dopados con tierras raras en la industria moderna.

2.3.2 Electrodos de cerio y tungsteno

visión general

Los electrodos de cerio-tungsteno (WC20, puntas recubiertas de gris) contienen entre un 1,8 y un 2,2% de óxido de cerio (CeO_2) y son la principal alternativa no radiactiva a los electrodos de torio y tungsteno.

Comparación de rendimiento

Resultado del trabajo con electrones: alrededor de 2,7 eV, ligeramente superior al electrodo de tungsteno de torio, pero buena iniciación del arco.

Estabilidad del arco: La estabilidad del arco es cercana a WT20, adecuada para soldadura DCEN y AC.

Velocidad de combustión: La tasa de pérdida de combustión es menor que la del electrodo de tungsteno puro, pero ligeramente superior a la WT20.

Radiactividad: no radiactivo, de alta seguridad, en línea con los requisitos de protección del medio ambiente.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Escenarios aplicables: Ampliamente utilizado en la soldadura de acero inoxidable, acero al carbono y aleaciones de aluminio, especialmente en industrias sensibles a la radiactividad.

Pros y contras:

Ventajas: no radiactivo, buen rendimiento de inicio de arco, adecuado para una variedad de escenarios de soldadura.

Desventajas: La tasa de quemado es ligeramente mayor a alta corriente y la durabilidad no es tan buena como WT20.

Escenarios de aplicación

Los electrodos de tungsteno y cerio se usan ampliamente en la soldadura en dispositivos médicos, equipos de procesamiento de alimentos e industrias electrónicas, y están reemplazando gradualmente a los electrodos de tungsteno de torio debido a su falta de riesgo de radiactividad.

2.3.3 Electrodo de lantano y tungsteno

visión general

Los electrodos de lantano y tungsteno (WL10, WL15, WL20, cabezas recubiertas de negro, oro y azul, respectivamente) contienen 0,8-2,0% de óxido de lantano (La_2O_3) y son otro electrodo alternativo no radiactivo.

Comparación de rendimiento

Trabajo de evolución electrónica: alrededor de 2.6-2.8 eV, excelente rendimiento de iniciación de arco, cerca del electrodo de tungsteno de torio.

Estabilidad del arco: Excelente estabilidad del arco, especialmente en soldadura de alta corriente y CA.

Tasa de quemado: baja tasa de quemado, larga vida útil del electrodo, cerca o mejor que WT20.

Radiactividad: No radiactivo, de alta seguridad y protección del medio ambiente.

Escenarios aplicables: Adecuado para soldadura DCEN y AC, ampliamente utilizado en escenarios de alta precisión y servicio pesado.

Pros y contras:

Ventajas: no radiactivo, fuerte estabilidad del arco, larga vida útil, adecuado para una variedad de corrientes y materiales.

Desventajas: el costo es un poco más alto y el proceso de producción es estricto.

Escenarios de aplicación

Los electrodos de lantano y tungsteno se utilizan ampliamente en la industria aeroespacial, nuclear y automotriz, especialmente en escenarios donde se requiere alta precisión y larga vida útil.

2.3.4 Electrodos de tungsteno y circonio

visión general

Los electrodos de tungsteno y circonio (WZ3, WZ8, cabezas recubiertas de marrón y blanco, respectivamente) contienen 0,3-0,8% de circonio (ZrO_2) y están diseñados para la soldadura de CA.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Comparación de rendimiento

Trabajo electrónico de evolución: alto (alrededor de 4.0 eV), inicio de arco promedio.

Estabilidad del arco: Excelente rendimiento en soldadura de CA, especialmente en soldadura de aleación de aluminio y magnesio.

Tasa de quemado: La tasa de quemado es baja, lo que es adecuado para el ciclo de electrodo positivo de la soldadura de CA.

Radiactividad: no radiactivo, seguro y respetuoso con el medio ambiente.

Escenarios aplicables: Especialmente diseñado para la soldadura de CA de metales ligeros, no apto para la soldadura DCEN de alta corriente.

Pros y contras:

Ventajas: No radiactivo, adecuado para la soldadura de CA de aleaciones de aluminio y magnesio.

Desventajas: Pobre rendimiento de iniciación del arco, no apto para soldadura DCEN.

Escenarios de aplicación

Los electrodos de tungsteno y circonio se utilizan principalmente para la soldadura AC-TIG de aleaciones de aluminio y aleaciones de magnesio, como en la fabricación marina y aeroespacial.

2.3.5 Electrodos de itrio-tungsteno

visión general

Los electrodos de itrio-tungsteno (WY20, punta recubierta de azul) contienen entre un 1,8 y un 2,2 % de óxido de itrio (Y_2O_3) y son un electrodo no radiactivo más nuevo.

Comparación de rendimiento

Salida de trabajo electrónico: alrededor de 2,7 eV, buen rendimiento de inicio de arco.

Estabilidad del arco: La estabilidad del arco es mejor que la del electrodo de tungsteno de cerio y cercana a la del electrodo de tungsteno de lantano.

Tasa de burnout: baja tasa de pérdida por combustión y larga vida útil.

Radiactividad: no radiactivo, seguro y respetuoso con el medio ambiente.

Escenarios aplicables: adecuado para soldadura DCEN y AC, especialmente en escenarios de alta precisión.

Pros y contras:

Ventajas: no radiactivo, buena estabilidad del arco, larga vida útil.

Desventajas: Mayor costo y baja popularidad en el mercado.

Escenarios de aplicación

Los electrodos de tungsteno de itrio son adecuados para la soldadura de alta precisión, como la industria aeroespacial y electrónica, pero su aplicación en la industria aún no se ha popularizado por completo.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal



ELECTRODO CTIA GROUP LTD WT20

Capítulo 3 Características del electrodo de torio y tungsteno

Como material central de la soldadura con protección de gas inerte de tungsteno (soldadura TIG) y la soldadura por plasma, el electrodo de tungsteno y torio ocupa una posición importante en aplicaciones industriales debido a sus propiedades físicas, químicas, de soldadura y radiactivas únicas. Este capítulo discutirá en detalle las propiedades físicas (incluido el alto punto de fusión, el trabajo de evolución de electrones, la conductividad eléctrica y las propiedades mecánicas), las propiedades químicas (resistencia a la oxidación y estabilidad química), las propiedades de soldadura (rendimiento de iniciación del arco, estabilidad del arco, tasa de quemado y comportamiento de alta carga) y la radiactividad (trazas de radiactividad del óxido de torio, impactos en la salud y el medio ambiente, y comparación con electrodos no radiactivos). A través de un análisis exhaustivo, el objetivo es revelar las ventajas y limitaciones de los electrodos de tungsteno de torio en el proceso de soldadura.

3.1 Propiedades físicas de los electrodos de torio y tungsteno

Las propiedades físicas de los electrodos de tungsteno y torio son la base de su excelente rendimiento en entornos de soldadura de alta temperatura y alta corriente. Estas propiedades incluyen un alto punto de fusión y estabilidad térmica, un trabajo de escape de electrones bajo y una excelente conductividad y propiedades mecánicas que le permiten soportar las condiciones extremas de la soldadura por arco.

3.1.1 Alto punto de fusión y estabilidad térmica del electrodo de tungsteno y torio

Los electrodos de tungsteno de torio se basan en tungsteno (W), uno de los materiales con el punto de fusión más alto de cualquier metal conocido, con un punto de fusión de aproximadamente 3422 °C (6192 °F). Esta propiedad permite que el electrodo de tungsteno y torio mantenga la

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

integridad estructural en el entorno de alta temperatura de la soldadura por arco (temperatura del arco de hasta 6000-7000 °C) y evite la fusión o la deformación significativa. El dopaje de óxido de torio (ThO_2) (normalmente en el rango de 0,8-4,2%) mejora aún más la estabilidad térmica del electrodo. El óxido de torio tiene un alto punto de fusión (alrededor de 3300 °C) y una alta capacidad calorífica, que puede dispersar eficazmente el calor generado por el arco y reducir el sobrecalentamiento local en la punta del electrodo.

En la soldadura real, el alto punto de fusión y la estabilidad térmica de los electrodos de tungsteno de torio los hacen adecuados para la soldadura continua a largo plazo, especialmente en la soldadura de ánodo de CC de alta corriente (DCEN). Por ejemplo, al soldar materiales con altos puntos de fusión, como aleaciones de titanio o acero inoxidable, la punta del electrodo mantiene una forma estable y reduce la quemadura y la pérdida de torio. En comparación con el electrodo de tungsteno puro (WP), el electrodo de tungsteno y torio tiene un mejor rendimiento a altas temperaturas y la punta no es fácil de formar bolas fundidas o grietas, lo que prolonga la vida útil.

Además, una distribución uniforme del óxido de torio es esencial para la estabilidad térmica. En el proceso de producción, la tecnología de pulvimetalurgia se utiliza para garantizar la dispersión uniforme de las partículas de óxido de torio en la matriz de tungsteno, a fin de evitar la degradación del rendimiento causada por las altas temperaturas locales. La estabilidad térmica también está estrechamente relacionada con la estructura del grano del electrodo, y los procesos de tratamiento térmico adecuados, como la sinterización y el recocido a alta temperatura, pueden optimizar el tamaño del grano y mejorar la resistencia del electrodo al choque térmico.

3.1.2 Trabajo electrónico del electrodo de tungsteno de torio (2,63 eV)

La función de trabajo es la energía mínima requerida para que los electrones escapen de la superficie del material, lo que afecta directamente el rendimiento de iniciación del arco del electrodo. El trabajo electrónico del electrodo de tungsteno toriado es de aproximadamente 2,63 eV, que es significativamente menor que el del electrodo de tungsteno puro de 4,5 eV. Esto se debe principalmente al dopaje del óxido de torio, cuya baja degradación del trabajo de electrones reduce el requisito de voltaje causado por el arco, de modo que el electrodo de tungsteno de torio puede comenzar fácilmente a formar arcos a bajas corrientes.

El mecanismo físico del trabajo de electrones bajos es la capacidad de emisión térmica de electrones del óxido de torio. El óxido de torio es capaz de liberar una gran cantidad de electrones libres a altas temperaturas (entorno de arco), creando un flujo estable de electrones, que inicia y sostiene el arco. Esta característica es particularmente importante en la soldadura con electrodo negativo de CC (DCEN), ya que los electrones fluyen desde el electrodo a la pieza de trabajo, y el menor trabajo de escape reduce el consumo de energía durante el arranque del arco, lo que aumenta la eficiencia de la soldadura.

Los diferentes tipos de electrodos de tungsteno y torio (como WT10, WT20, WT30, WT40) tienen un trabajo de escape de electrones ligeramente diferente debido al diferente contenido de óxido de torio. WT40 (3,8-4,2% ThO_2) tiene el menor trabajo de electrones (cerca de 2,6 eV) y el mejor

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

rendimiento de iniciación de arco, que es adecuado para la soldadura de alta corriente. WT10 (0,8-1,2% ThO₂) tiene un trabajo de escape de electrones ligeramente mayor, pero sigue siendo mucho mejor que el electrodo de tungsteno puro. Esta diferencia permite que el electrodo de tungsteno de torio se adapte a una amplia gama de escenarios, desde la soldadura de precisión de baja corriente hasta la soldadura de alta corriente y alta resistencia.

En aplicaciones prácticas, el bajo trabajo de electrones también reduce la carga térmica en la punta del electrodo y reduce la tasa de quemado. Por ejemplo, en la soldadura de aleaciones de titanio en la industria aeroespacial, el electrodo WT20 es capaz de iniciar el arco rápidamente a bajos voltajes, lo que garantiza la uniformidad y precisión de la soldadura. Sin embargo, las ventajas del trabajo con electrones deben aprovecharse al máximo mediante el ángulo de molienda del electrodo adecuado (normalmente 15°-45°), y la punta afilada puede concentrar aún más el flujo de electrones y mejorar la eficiencia de iniciación del arco.

3.1.3 Conductividad y propiedades mecánicas de los electrodos de torio y tungsteno

La conductividad del electrodo de tungsteno de torio se debe a la alta conductividad eléctrica del sustrato de tungsteno (aproximadamente 30% de cobre), lo que le permite transmitir de manera eficiente la corriente de soldadura y reducir la pérdida de calor resistiva. El dopaje del óxido de torio tiene poco efecto sobre la conductividad, pero a altas corrientes, la conductividad del electrodo de tungsteno y torio sigue siendo mejor que la del electrodo de tungsteno puro, porque las partículas de óxido de torio mejoran la eficiencia de migración de electrones. La estabilidad de la conductividad garantiza la continuidad y consistencia del arco, especialmente en el inicio del arco de alta frecuencia o la soldadura por pulsos.

En términos de propiedades mecánicas, los electrodos de tungsteno de torio tienen una alta dureza (dureza Vickers de aproximadamente 400-450 HV) y una excelente resistencia a la tracción (aproximadamente 1000 MPa). Estas propiedades se deben a la estructura cristalina BCC (cubo centrado en el cuerpo) y a la alta densidad (19,25 g/cm³) del tungsteno. El dopaje del óxido de torio mejora aún más la resistencia a la fractura y al desgaste del electrodo al refinar los granos y fortalecer la matriz. Esto permite que el electrodo de tungsteno y torio mantenga la integridad estructural bajo un impacto de arco de alta intensidad, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de soldadura de alta resistencia.

En el proceso de producción, la optimización de las propiedades mecánicas se basa en el proceso de pulvimetalurgia y el posterior tratamiento térmico. El proceso de prensado y sinterización controla el tamaño del grano y reduce los defectos internos; Los procesos de calandrado y rectificado, por otro lado, mejoran la calidad de la superficie y reducen los puntos de concentración de tensión. En la práctica, las propiedades mecánicas del electrodo afectan directamente a su durabilidad. Por ejemplo, en la soldadura de recipientes a presión en la industria nuclear, los electrodos WT30 o WT40 están sujetos a altas corrientes y largos períodos de funcionamiento, y su alta dureza y resistencia a la fractura garantizan la confiabilidad de los electrodos.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

3.2 Propiedades químicas de los electrodos de tungsteno y torio

Las propiedades químicas de los electrodos de tungsteno y torio se reflejan principalmente en su resistencia a la oxidación y estabilidad química, que determinan el rendimiento del electrodo a altas temperaturas y entornos complejos.

3.2.1 Resistencia a la oxidación de los electrodos de torio y tungsteno

Los electrodos de tungsteno de torio están protegidos por gases inertes (como argón o helio) en un entorno de arco de alta temperatura (6000-7000 °C), y su resistencia a la oxidación depende principalmente de la inercia química de la matriz de tungsteno. El tungsteno es extremadamente reactivo al oxígeno a temperatura ambiente y a altas temperaturas, y solo forma óxidos volátiles (por ejemplo, WO_3) a temperaturas muy altas (>1000 °C). La resistencia a la oxidación del electrodo se ve reforzada por el dopaje del óxido de torio, ya que el óxido de torio en sí mismo es un óxido estable que no reacciona fácilmente con el oxígeno.

En la soldadura TIG, la protección con gas inerte aísla eficazmente el oxígeno y evita la oxidación de la superficie del electrodo. Sin embargo, durante el esmerilado o almacenamiento de electrodos, si se expone a la humedad o al oxígeno, se pueden formar capas de óxido traza en la superficie, lo que afecta el rendimiento de inicio del arco. Por lo tanto, es necesario asegurarse de que la superficie del electrodo esté limpia durante la producción y el almacenamiento, y a menudo se almacena en un embalaje al vacío o en un ambiente seco.

Otro factor clave en la resistencia a la oxidación es la estabilidad térmica de la punta del electrodo. Las partículas de óxido de torio pueden existir de manera estable a altas temperaturas para evitar la volatilización oxidativa de la matriz de tungsteno. En comparación con los electrodos de tungsteno puro, los electrodos de tungsteno y torio son más resistentes a la oxidación y a la pérdida por combustión en la soldadura de alta corriente y prolongan su vida útil. Por ejemplo, en la soldadura de tuberías de acero inoxidable, el electrodo WT20 es capaz de mantener la integridad de la superficie durante largos períodos de funcionamiento y reducir la contaminación por óxido de la soldadura.

3.2.2 Estabilidad química de los electrodos de torio y tungsteno

La estabilidad química de los electrodos de torio y tungsteno se refleja en su resistencia a productos químicos comunes como ácidos, álcalis y metales fundidos. La matriz de tungsteno tiene una resistencia a la corrosión extremadamente alta a la mayoría de las soluciones ácido-base (como el ácido clorhídrico, el ácido sulfúrico y el hidróxido de sodio) a temperatura ambiente, y solo puede ocurrir una corrosión menor en entornos oxidantes fuertes (como ácido nítrico concentrado o atmósferas oxidantes a alta temperatura). Como material cerámico estable, el óxido de torio mejora aún más la estabilidad química del electrodo, haciéndolo menos propenso a reacciones químicas con metales o gases en el baño fundido durante el proceso de soldadura.

En aplicaciones prácticas, la estabilidad química del electrodo de tungsteno y torio garantiza la pureza de la soldadura. Por ejemplo, en la soldadura de aleación de titanio, las impurezas no se liberarán en la superficie del electrodo para contaminar el baño de soldadura, manteniendo las

propiedades mecánicas y la resistencia a la corrosión de la soldadura. Además, el electrodo de tungsteno y torio no es reactivo a los gases de protección inertes (por ejemplo, argón, helio) y es adecuado para su uso en una variedad de entornos de soldadura.

Sin embargo, la limitación de la estabilidad química radica en el polvo de óxido de torio que puede liberarse durante la molienda de electrodos o el funcionamiento a alta temperatura. El óxido de torio puede volatilizarse a altas temperaturas o liberarse en forma de polvo, y aunque es químicamente estable, su radiactividad requiere precauciones estrictas. Se requiere un equipo especial (por ejemplo, amoladoras cerradas y sistemas de ventilación) en la producción y el uso para reducir la difusión del polvo.

3.3 Rendimiento de soldadura de electrodos de tungsteno de torio

El rendimiento de soldadura del electrodo de tungsteno y torio es la principal ventaja de su amplia aplicación en soldadura TIG y soldadura por plasma, que se materializa en el rendimiento de iniciación del arco, la estabilidad del arco, la tasa de quemado y el rendimiento bajo alta corriente de carga.

3.3.1 Rendimiento de iniciación del arco del electrodo de tungsteno de torio

El rendimiento de iniciación del arco es un indicador clave para medir la dificultad del electrodo para iniciar el arco, y el electrodo de tungsteno y torio tiene un excelente rendimiento de iniciación del arco debido a su bajo trabajo de escape de electrones (2,63 eV). En la soldadura de electrodo negativo de CC (DCEN), los electrones fluyen desde el electrodo a la pieza de trabajo, y el bajo trabajo de escape reduce el voltaje requerido para el inicio del arco (generalmente 10-15 V), lo que permite que el arco se inicie rápidamente a bajas corrientes. Esto es particularmente importante para la soldadura de precisión, como la chapa delgada de acero inoxidable o los componentes electrónicos, ya que reduce la entrada de calor al inicio del arco y evita que el material se sobrecaliente.

Los diferentes tipos de electrodos de tungsteno y torio tienen un rendimiento de iniciación de arco ligeramente diferente. WT40 tiene el mayor contenido de óxido de torio (3,8-4,2%) y el mejor rendimiento de iniciación de arco, que es adecuado para escenarios de alta corriente. WT10 es más adecuado para la soldadura de precisión de baja corriente. El rendimiento de inicio del arco también se ve afectado por el ángulo de molienda del electrodo y la calidad de la superficie. El ángulo de molienda agudo (15° - 30°) puede concentrar el flujo de electrones y mejorar la eficiencia de inicio del arco; El pulido de superficies reduce los defectos de la superficie y reduce el voltaje de arco.

En la práctica, el rendimiento de iniciación del arco del electrodo de tungsteno de torio es significativamente mejor que el del electrodo de tungsteno puro. Por ejemplo, en la soldadura de aleaciones de titanio en el sector aeroespacial, el electrodo WT20 es capaz de iniciar el arco rápidamente a bajos voltajes, lo que garantiza la calidad del inicio de la soldadura. En la soldadura TIG pulsada, la capacidad de inicio rápido del arco del electrodo de tungsteno de torio mejora aún más la eficiencia y precisión de la soldadura.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

3.3.2 Estabilidad del arco de los electrodos de torio y tungsteno

La estabilidad del arco es la principal ventaja de los electrodos de tungsteno de torio, que afecta directamente la calidad de la soldadura y la eficiencia de la soldadura. La estabilidad del arco de los electrodos de tungsteno y torio se debe a la capacidad de emisión térmica de electrones del óxido de torio y a la alta conductividad de la matriz de tungsteno. En la soldadura DCEN, el arco es concentrado y continuo, con pequeñas fluctuaciones y menos salpicaduras, lo que es adecuado para la soldadura de alta precisión. Las partículas de óxido de torio liberan un flujo constante de electrones a altas temperaturas, manteniendo la uniformidad del arco y sin derivar ni interrumpir el arco incluso a altas corrientes o durante tiradas largas.

Los diferentes tipos de electrodos difieren en la estabilidad del arco. WT20 y WT30 son ampliamente utilizados en soldadura industrial debido a su moderado contenido de óxido de torio (1.7-3.2%) y la mejor estabilidad del arco a corrientes medias a altas (100-400 A). El WT40 mantiene la estabilidad del arco a corrientes ultra altas (300-500 A) y es adecuado para aplicaciones de servicio pesado, como la soldadura de recipientes a presión en plantas de energía nuclear.

La estabilidad del arco también se ve afectada por el estado del gas de protección y los electrodos. La protección de argón proporciona un entorno de arco estable, mientras que las mezclas de helio o argón-helio son adecuadas para soldaduras de alto aporte de calor. El esmerilado adecuado de la punta del electrodo (por ejemplo, un ángulo de cono de 20° a 35°) puede optimizar aún más la concentración del arco. Por ejemplo, en la soldadura de tuberías en la industria petroquímica, el electrodo WT20 proporciona un arco estable para garantizar una costura de soldadura uniforme y resistencia a la corrosión.

3.3.3 Tasa de quemado de los electrodos de tungsteno de torio

La tasa de quemado del electrodo es un indicador importante para medir la durabilidad del electrodo, que se refiere a la pérdida de calidad del electrodo debido a la alta temperatura, el choque de arco o la pérdida de óxido de torio durante el proceso de soldadura. La tasa de combustión de los electrodos de tungsteno y torio es significativamente menor que la de los electrodos de tungsteno puro, principalmente debido a la estabilidad térmica del óxido de torio y al alto punto de fusión de la matriz de tungsteno. El óxido de torio forma una capa estable de emisión de electrones a altas temperaturas, lo que reduce la volatilización y la fusión de la matriz de tungsteno.

La tasa de quemado de los diferentes tipos de electrodos de tungsteno y torio disminuye con el aumento del contenido de óxido de torio. WT10 (0,8-1,2% ThO₂) tiene una baja tasa de quemado a corrientes bajas, pero puede producirse pérdida de torio a corrientes altas. WT40 (3,8-4,2% ThO₂) tiene la tasa de quemado más baja y es adecuado para soldadura continua a ultra alta y a largo plazo. Por ejemplo, en la soldadura de placas gruesas en la construcción naval, el electrodo WT40 puede funcionar durante horas a altas corrientes con poco cambio en la forma de la punta.

La tasa de quemado también se ve afectada por los parámetros de soldadura y las condiciones de funcionamiento. El control adecuado de la corriente, el flujo de gas de protección (8-15 L/min) y los ángulos de molienda de los electrodos pueden reducir significativamente la tasa de quemado. En

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

la práctica, la inspección y el reafilado regulares de la punta del electrodo pueden prolongar la vida útil y reducir la liberación de polvo de torio.

3.3.4 Rendimiento de los electrodos de torio y tungsteno a altas corrientes de carga

El rendimiento de los electrodos de tungsteno y torio a altas corrientes de carga (200-500 A) es una ventaja clave en la industria pesada. Debido al alto contenido de óxido de torio, los electrodos WT30 y WT40 pueden soportar el impacto del arco de alta corriente y alta temperatura, manteniendo la estabilidad del arco y la baja tasa de quemado. Esta propiedad lo hace adecuado para soldar placas gruesas y materiales con altos puntos de fusión, como recipientes a presión en la industria nuclear, grandes estructuras de aleación de titanio en la industria aeroespacial y tuberías resistentes a la corrosión en la industria petroquímica.

La estabilidad térmica y la resistencia mecánica del electrodo de tungsteno y torio garantizan la durabilidad de la punta del electrodo a altas corrientes de carga. Por ejemplo, en la soldadura de recipientes a presión en una central nuclear, el electrodo WT40 es capaz de funcionar de forma continua a 400 A, con un arco concentrado y estable y una alta calidad de soldadura. Además, el bajo trabajo de electrones del electrodo de tungsteno de torio a alta corriente reduce el consumo de energía de la iniciación y el mantenimiento del arco, y mejora la eficiencia de la soldadura.

Sin embargo, a altas corrientes de carga, se debe prestar atención a la gestión de la carga térmica de los electrodos. Las corrientes excesivas pueden hacer que la pérdida de torio se acelere y libere trazas de polvo radiactivo. Por lo tanto, es aconsejable utilizar un electrodo de gran diámetro (3,2-6,4 mm) y un ángulo de molienda adecuado (30°-45°) con un sistema de refrigeración eficiente (por ejemplo, una pistola de soldar refrigerada por agua) para reducir la temperatura del electrodo.

3.4 Propiedades radiactivas de los electrodos de torio y tungsteno

Los electrodos de tungsteno de torio son ligeramente radiactivos debido a la presencia de óxido de torio (ThO₂), una propiedad que es tanto una fuente de su ventaja de rendimiento como una limitación importante en su aplicación. Esta sección explorará las características radiactivas del óxido de torio, sus impactos en la salud y el medio ambiente, y su comparación con electrodos no radiactivos.

3.4.1 Trazas radiactivas del óxido de torio

El torio-232 (Th-232) en el óxido de torio es un elemento radiactivo natural con una vida media de aproximadamente 14 mil millones de años y libera principalmente partículas α (4,01-4,08 MeV) acompañadas de pequeñas cantidades de partículas de β y rayos γ . El nivel de radiactividad del electrodo de tungsteno y torio está directamente relacionado con el contenido de óxido de torio, siendo WT10 (0,8-1,2% ThO₂) el que tiene la concentración de actividad más baja (cerca de 1 Bq/g, cumpliendo los criterios de exención) y el WT40 (3,8-4,2% ThO₂) que tiene la concentración de actividad más alta, cercana o ligeramente superior al estándar de exención.

En condiciones normales de uso (por ejemplo, soldadura TIG), la radiactividad de los electrodos tiene menos efecto de radiación directa sobre el operador debido a la baja penetración de las

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

partículas de α (que pueden ser bloqueadas por unos pocos centímetros de aire o piel). Sin embargo, el polvo y los óxidos de torio volátiles a altas temperaturas durante la molienda de los electrodos pueden entrar en el cuerpo por inhalación o contacto, lo que supone un riesgo de radiación interna. La tasa de dosis de radiación γ es baja (por lo general $< 0,1 \mu\text{Sv/h}$), pero la exposición a largo plazo es motivo de preocupación.

Durante el proceso de producción, la gestión de la radiactividad de los electrodos de tungsteno y torio está estrictamente regulada. Las normas internacionales (por ejemplo, la Publicación 103 de la ICRP) y las normas chinas (por ejemplo, GB 18871-2002) especifican las concentraciones de actividad exentas y los requisitos de protección para el torio-232. El taller de producción debe estar equipado con un detector de tasa de dosis de radiación X- γ y un detector de contaminación superficial α y β para monitorear regularmente el nivel de radiación ambiental.

3.4.2 Impactos sobre la salud y el medio ambiente

Los efectos sobre la salud de los electrodos de tungsteno y torio se deben principalmente al polvo radiactivo liberado durante el esmerilado y la soldadura. α partículas que ingresan a los pulmones a través de la inhalación pueden presentar riesgos para la salud a largo plazo, como cáncer de pulmón o daño tisular. Los estudios han demostrado que los trabajadores que están expuestos crónicamente al polvo de torio pueden enfrentarse a dosis de radiación más altas (alrededor de $0,1\text{-}1 \text{ mSv}$ por año, muy por debajo del valor público anual de 1 mSv). Por lo tanto, los operadores deben usar máscaras protectoras, usar trituradoras especiales y equipos de ventilación eficientes.

En términos de impacto ambiental, los materiales de desecho de la producción y el uso de electrodos de tungsteno de torio (incluido el polvo de molienda, las aguas residuales y los electrodos de desecho) deben eliminarse adecuadamente. Los desechos radiactivos de torio-232 se almacenarán y eliminarán de conformidad con las Medidas para el Monitoreo de la Radiación Ambiental y la Divulgación de Información de las Empresas para el Desarrollo y la Utilización de Minas Radiactivas Asociadas (Ensayo) para evitar la contaminación del suelo y las masas de agua. Las empresas deben contar con instalaciones dedicadas al tratamiento de residuos, como sistemas de recogida cerrados y depósitos de residuos radiactivos.

En la práctica, los países europeos y americanos han restringido gradualmente el uso de electrodos de tungsteno de torio y han promovido electrodos no radiactivos para reducir los riesgos para la salud y el medio ambiente. Como importante productor de electrodos de tungsteno, China también ha fortalecido las medidas de protección radiactiva en los últimos años, y algunas empresas han adoptado equipos de molienda automatizados y talleres de producción cerrados, que han reducido significativamente las emisiones de polvo.

3.4.3 Comparación de electrodos de torio y tungsteno con electrodos no radiactivos

Los electrodos no radiactivos (como los electrodos de cerio-tungsteno, lantano-tungsteno, circonio-tungsteno e itrio-tungsteno) son las principales alternativas a los electrodos de torio y tungsteno, y su principal ventaja es que no hay riesgo de radiactividad. Aquí hay una comparación detallada:

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Electrodo de tungsteno de cerio (WC20): contiene 1.8-2.2% de óxido de cerio, el trabajo de electrones es de aproximadamente 2.7 eV, el rendimiento de iniciación del arco y la estabilidad del arco están cerca de WT20, la velocidad de combustión es ligeramente mayor y no es radiactivo, lo que se usa ampliamente en las industrias médica y alimentaria.

Electrodo de lantano y tungsteno (WL20): contiene 1.8-2.0% de óxido de lantano, el trabajo de electrones es de aproximadamente 2.6-2.8 eV, la estabilidad del arco y la vida útil son mejores que el electrodo de tungsteno de cerio, adecuado para soldadura de alta precisión y alta resistencia, no radiactivo.

Electrodo de tungsteno y circonio (WZ8): contiene 0.8% de circonio, especialmente diseñado para soldadura de aluminio y aleación de magnesio de CA, buena estabilidad del arco, pero el rendimiento de iniciación del arco y el rendimiento de soldadura DCEN no son tan buenos como el electrodo de tungsteno de torio, no radiactivo.

Electrodo de itrio-tungsteno (WY20): contiene 1.8-2.2% de óxido de itrio, el rendimiento es cercano al del electrodo de tungsteno de lantano, adecuado para soldadura de alta precisión, pero el costo es alto, la popularidad del mercado es baja y no es radiactivo.

Las ventajas de los electrodos de tungsteno y torio son su excelente rendimiento de iniciación de arco, estabilidad de arco y baja tasa de quemado, especialmente en escenarios de alta corriente y servicio pesado. Sin embargo, su problema de radiactividad ha llevado paulatinamente a su sustitución en industrias con altos requerimientos ambientales y sanitarios. Por ejemplo, en Europa, los electrodos de tungsteno de lantano han reemplazado a los electrodos de tungsteno de torio como la corriente principal, mientras que en China, los electrodos de tungsteno de torio todavía se usan ampliamente en la industria pesada debido a sus ventajas de costo y excelente rendimiento.

3.5 Electrodo de tungsteno de torio MSDS de CTIA GROUP LTD

Hoja de datos de seguridad del material (MSDS) para electrodo de torio-tungsteno

1. Identificación química

Nombre químico: electrodo de torio-tungsteno

Nombre común: varilla de torio-tungsteno, electrodo de soldadura de torio-tungsteno

Número CAS:

Tungsteno (W): 7440-33-7

Dióxido de torio (ThO_2): 1314-20-1

2. Composición/información sobre los ingredientes

Tungsteno (W): 95,8-99,2%

Dióxido de torio (ThO_2): 0,8-4,2%

Impurezas (Fe, Ni, O, C, etc.): <0.05%

3. Descripción general de los peligros

Categoría de peligro: Material radiactivo de baja actividad específica (LSA-I), con bajo riesgo radiactivo; El polvo puede causar irritación.

Peligro de incendio y explosión: No inflamable, sin riesgo de explosión.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Riesgos para la salud:

Inhalación: El polvo generado durante la molienda o el procesamiento puede irritar las vías respiratorias. La exposición a dosis bajas a largo plazo puede aumentar los riesgos para la salud pulmonar.

Contacto con la piel: Puede causar irritación leve.

Contacto con los ojos: El polvo puede causar molestias o inflamación en los ojos.

Ingestión: La ingestión accidental puede provocar molestias gastrointestinales, que requieren atención médica inmediata.

Peligros ambientales: La eliminación inadecuada de desechos que contienen torio puede contaminar el suelo y el agua, lo que requiere manejo como desechos radiactivos.

Base reglamentaria: GB 18871-2002, Publicación 103 de la CIPR, SSR-6 del OIEA.

4. Medidas de primeros auxilios

Contacto con la piel:

Retire inmediatamente la ropa contaminada y enjuague la piel con jabón y abundante agua durante al menos 15 minutos.

Busque atención médica si la irritación o el malestar persisten.

Contacto visual:

Levante los párpados y enjuague con agua corriente o solución salina durante al menos 15 minutos.

Busque atención médica si el malestar persiste.

Inhalación:

Traslade a la persona afectada al aire libre de inmediato, asegurando que las vías respiratorias estén despejadas.

Administrar oxígeno si la respiración tiene dificultad; Realice respiración artificial si la respiración se detiene.

Busque atención médica de inmediato, informando al personal médico sobre la posible exposición al polvo de torio.

Ingestión:

Beba abundante agua tibia para inducir el vómito (si el paciente está consciente).

Busque atención médica de inmediato, proporcionando esta MSDS al personal médico.

Nota: El personal de primeros auxilios debe usar equipo de protección (p. ej., máscaras contra el polvo, guantes) para evitar una exposición secundaria.

5. Medidas de extinción de incendios

Características de peligro: No inflamable, sin riesgo de explosión.

Métodos de extinción: No aplicable. Si ocurre un incendio cerca, use polvo seco, espuma o extintores de dióxido de carbono.

Precauciones para combatir incendios:

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Los bomberos deben usar ropa protectora y respiradores de presión positiva.

Evite que el polvo que contiene torio se propague debido al fuego, lo que puede causar contaminación ambiental.

6. Medidas de liberación accidental

Acción del juego:

Aísle el área del derrame, restrinja el motivo: Restrinja el acceso a personal no autorizado y coloque un letrero de advertencia de "Material radiactivo".

El personal de emergencia debe usar ropa protectora, máscaras contra el polvo y guantes, utilizando métodos de limpieza húmedos para recoger los electrodos derramados o el polvo en recipientes sellados.

Evalúe el área del derrame utilizando un detector de tasa de dosis de radiación X-γ (p. ej., AT1123) y un detector de contaminación de superficie α β (p. ej., XH-3206). Informe a las autoridades de seguridad nuclear si la tasa de dosis supera los 0,1 μSv/h o la contaminación de la superficie supera los 0,4 Bq/cm².

Eliminación de residuos:

Tratar el material derramado como residuo radiactivo de baja actividad específica (LSA-I), almacenarlo en contenedores sellados específicos y solidificar los residuos con una concentración de actividad >1 Bq/g (por ejemplo, mezclado con matriz de cemento) para transferirlo a instalaciones de eliminación profesionales.

Limpiar las áreas contaminadas con agua; La actividad de las aguas residuales debe ser de <0,1 Bq/L antes de la descarga.

Informes: Reporte los derrames a las autoridades locales de medio ambiente y seguridad nuclear dentro de las 24 horas, proporcionando detalles y medidas de eliminación.

7. Manipulación y almacenamiento

Precauciones de manejo:

Medidas de protección: El personal debe usar ropa protectora, máscaras contra el polvo y guantes. Las áreas de trabajo deben estar equipadas con campanas extractoras locales (velocidad del aire de 0,5 a 1 m/s) y filtros HEPA (eficiencia de captura >99,9%).

Requisitos de molienda: Utilice máquinas de molienda dedicadas con sistemas de recolección de polvo de presión negativa para evitar la dispersión de polvo de torio.

Monitoreo ambiental: Mida regularmente la tasa de dosis X-γ (<0,05 μSv/h) y la contaminación α, β superficial (<0,4 Bq/cm²) en las áreas de trabajo, de acuerdo con GB 18871-2002.

Capacitación: Los operadores deben recibir capacitación en seguridad radiológica para comprender los riesgos para la salud del torio-232.

Precauciones de almacenamiento:

Almacene en un almacén seco (humedad <60%) y bien ventilado a 10-30 °C.

Use recipientes sellados de acero inoxidable o plástico marcados con etiquetas de advertencia radiactiva.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Almacene los diferentes modelos de electrodos por separado; Guarde los electrodos desechados en contenedores específicos para residuos radiactivos.

Verifique regularmente los niveles de radiación del área de almacenamiento, con registros archivados durante al menos 5 años.

8. Controles de exposición/Protección personal

Límites de Exposición Ocupacional:

Público: Dosis efectiva anual <1 mSv (ICRP 103).

Ocupacional: Dosis efectiva anual <20 mSv, promedio de 5 años <4 mSv (GB 18871-2002).

Límites ambientales: Tasa de dosis en el área de trabajo $<0,05$ μ Sv/h, contaminación superficial $<0,4$ Bq/cm².

Controles de ingeniería:

Las áreas de producción y uso deben tener campanas selladas, filtros HEPA y sistemas de ventilación de presión negativa.

El equipo de molienda debe estar conectado a sistemas de recolección de polvo con una eficiencia de captura del $>99,9\%$.

Equipo de protección personal:

Protección respiratoria: Use máscaras antipolvo KN95 o FFP2 para evitar la inhalación de polvo de torio.

Protección ocular: Use gafas de seguridad para evitar la entrada de polvo en los ojos.

Protección de la piel: Use ropa protectora de manga larga y guantes para evitar el contacto con la piel.

Monitoreo: Los operadores deben usar dosímetros personales, con controles de salud anuales y registros de dosis.

Medidas de higiene:

Lávese las manos con jabón después de manipularlas; Prohibir comer o fumar en las áreas de trabajo. Guarde la ropa de trabajo separada de la ropa diaria y lávela regularmente.

9. Propiedades físicas y químicas

Apariencia y características: Varilla de metal gris plateado con extremos codificados por colores (WT10 amarillo, WT20 rojo, WT30 morado, WT40 amarillo anaranjado).

Punto de fusión: 3422 °C (matriz de tungsteno).

Densidad: $18,5$ - $19,0$ g/cm³ (95-98% de la densidad teórica).

Dureza: 350-450 HV.

Solubilidad: Insoluble en agua, soluble en ácidos fuertes (por ejemplo, mezcla de ácido nítrico-ácido fluorhídrico).

Radiactividad: Contiene torio-232, emite partículas α (4,01-4,08 MeV) y β menores, γ rayos, con una concentración de actividad de 1-4 Bq/g.

10. Estabilidad y reactividad

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Estabilidad: Estable a temperatura ambiente; puede liberar trazas de partículas de dióxido de torio a altas temperaturas ($>2000\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Reactividad: Reacciona con ácidos fuertes (por ejemplo, ácido nítrico, ácido fluorhídrico) para formar compuestos de torio; Puede causar reacciones leves con oxidantes fuertes.

Materiales incompatibles: Evite el contacto con sustancias ácidas e inflamables.

11. Información toxicológica

Toxicidad aguda: No hay toxicidad aguda significativa; Los datos de LD50 no están disponibles.

Toxicidad crónica: La inhalación a largo plazo de polvo de torio puede aumentar los riesgos para la salud pulmonar (dosis efectiva anual $<1\text{ mSv}$ es segura).

Carcinogenicidad: El torio-232 está clasificado como carcinógeno del Grupo 1 por la IARC; La exposición a dosis bajas a largo plazo puede aumentar el riesgo de cáncer de pulmón, lo que requiere una protección estricta.

Toxicidad reproductiva: No hay evidencia clara de toxicidad reproductiva.

Órganos diana: Sistema respiratorio, piel, ojos.

12. Información ecológica

Impacto ambiental: La eliminación inadecuada de desechos que contienen torio puede contaminar el suelo y el agua, afectando los ecosistemas.

Bioacumulación: Los compuestos de torio pueden entrar en la cadena alimentaria a través del agua, lo que requiere un estricto control de emisiones (actividad de aguas residuales $<0,1\text{ Bq/L}$).

Requisitos de eliminación: Manejar según las "Medidas para el monitoreo de la radiación ambiental y la divulgación de información de las empresas que utilizan minerales radiactivos asociados (ensayo)".

13. Consideraciones sobre la eliminación

Clasificación de residuos: Los electrodos de torio-tungsteno desechados y el polvo son residuos radiactivos de baja actividad específica (LSA-I).

Métodos de eliminación:

Recoja en contenedores sellados específicos marcados como "Desechos radiactivos".

Los residuos con concentración de actividad $>1\text{ Bq/g}$ deben solidificarse (por ejemplo, mezclarse con matriz de cemento) y enviarse a instalaciones de eliminación profesionales (por ejemplo, China National Nuclear Corporation).

Los residuos con una concentración de actividad $<1\text{ Bq/g}$ pueden tratarse como residuos ordinarios con la aprobación de las autoridades de seguridad nuclear.

Control de emisiones: Las aguas residuales deben tratarse mediante sedimentación e intercambio iónico, con una actividad $<0,1\text{ Bq/L}$ antes de su vertido.

Registros: Documentar el lote, la cantidad, la concentración de la actividad y la fecha de eliminación, archivando durante al menos 5 años.

14. Información de transporte

Clasificación de transporte: Material radiactivo de baja actividad específica (LSA-I), que cumple

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

con las normas SSR-6 y GB 11806-2004 del OIEA.

Requisitos de embalaje:

Utilice embalajes de tipo A (cajas de acero inoxidable o plástico de alta resistencia, espesor >2 mm) marcados con etiquetas de advertencia radiactivas.

Tasa de dosis superficial del envase <0,1 $\mu\text{Sv/h}$, contaminación superficial <0,4 Bq/cm².

Precauciones de transporte:

Utilice camiones dedicados o bodegas de carga con accesorios a prueba de golpes y detectores de radiación (p. ej., RadEye PRD).

El personal de transporte debe recibir capacitación en seguridad radiológica y usar dosímetros personales.

Las rutas de transporte deben evitar las zonas densamente pobladas, previa declaración a las autoridades de seguridad nuclear.

Transporte internacional: Proporcionar certificados de transporte de material radiactivo en inglés, que cumplan con las regulaciones de IATA o IMDG.

15. Información reglamentaria

Normativa Internacional:

Publicación 103 de la ICRP (2007): Dosis efectiva anual pública <1 mSv, exposición ocupacional <20 mSv.

OIEA SSR-6 (2018): Requisitos para el embalaje y límites del transporte de material radiactivo.

UE 2013/59/Euratom: Tasa de dosis en el entorno de producción y uso <0,1 $\mu\text{Sv/h}$, contaminación superficial <0,4 Bq/cm².

Normativa Nacional:

GB 18871-2002: Normas básicas para la protección contra la radiación ionizante, tasa de dosis ambiental <0,05 $\mu\text{Sv/h}$, actividad de residuos <1 Bq/g.

GB/T 4187-2017: Electrodo de tungsteno para soldadura por arco con protección de gas inerte y soldadura por plasma, especificando composición y rendimiento.

Medidas para el Monitoreo de la Radiación Ambiental y la Divulgación de Información de las Empresas que Utilizan Minerales Radiactivos Asociados (Ensayo): Requiere informes anuales de monitoreo de la radiación y divulgación pública.

Cumplimiento Corporativo:

Regístrese en la Administración Nacional de Seguridad Nuclear para obtener permisos de manejo de materiales radiactivos.

Obtener las certificaciones ISO 14001 (Gestión Ambiental) e ISO 45001 (Seguridad y Salud en el Trabajo).

16. Información del proveedor

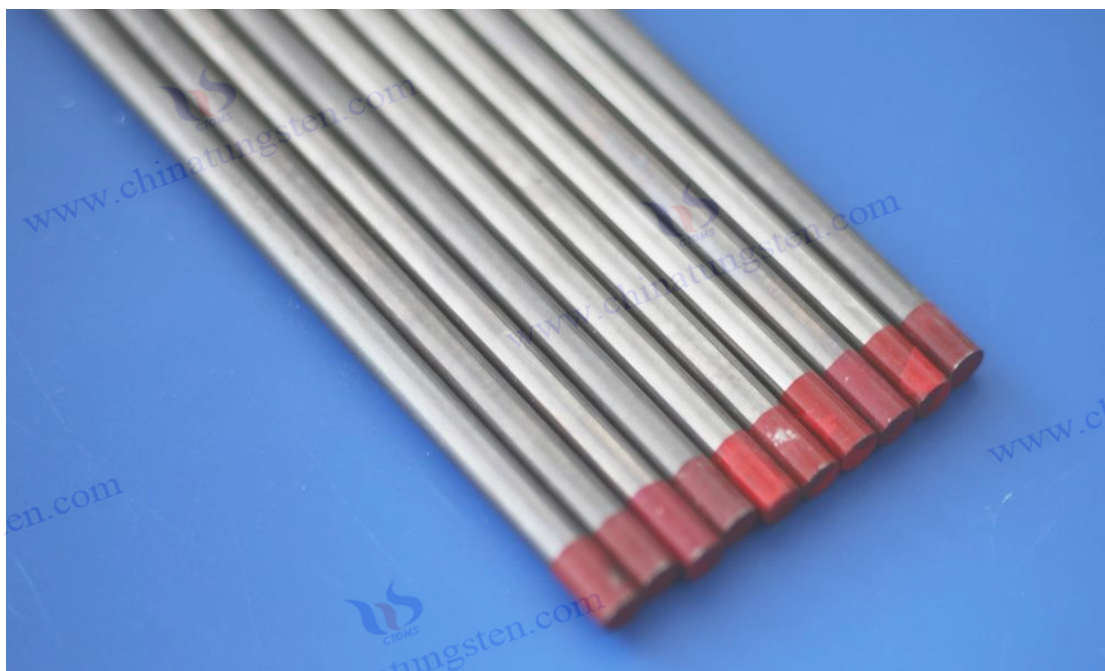
Proveedor: CTIA GROUP LTD

Tel: 0592-5129696/5129595

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



ELECTRODO CTIA GROUP LTD WT20

Capítulo 4 Tecnología de preparación y producción de electrodos de torio y tungsteno

La preparación de electrodos de tungsteno y torio es un proceso complejo que implica la selección de materias primas de alta pureza, tecnología de pulvimetalurgia de precisión, procesamiento de moldeo y estrictos controles de calidad y medidas de protección radiactiva. El proceso de producción determina directamente el rendimiento del electrodo, incluida la estabilidad del arco, la tasa de quemado y la vida útil. Este capítulo discutirá en detalle la tecnología de preparación y producción de electrodos de tungsteno y torio, cubriendo la preparación de materias primas, el proceso de pulvimetalurgia, el proceso de laminación y molienda, el control de calidad y la prevención y control de la contaminación radiactiva.

4.1 Preparación de materias primas para electrodos de tungsteno y torio

El rendimiento de los electrodos de tungsteno y torio depende en gran medida de la calidad y pureza de la materia prima. El polvo de tungsteno y el óxido de torio (ThO_2) son las principales materias primas para la preparación de electrodos de tungsteno y torio, y sus procesos de selección, purificación y dopaje son cruciales para la composición química, la microestructura y las propiedades finales de los electrodos.

4.1.1 Selección y purificación de polvo de wolframio

El polvo de tungsteno es el componente principal del electrodo de tungsteno de torio, lo que representa el 95,8% -99,2% de la masa del electrodo. El tungsteno es un metal refractario con un alto punto de fusión (3422°C) y una alta densidad ($19,25\text{ g/cm}^3$), y su morfología del polvo afecta directamente a la conformabilidad del proceso de pulvimetalurgia posterior y al rendimiento del electrodo.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Selección de polvo de tungsteno

La selección del polvo de tungsteno debe tener en cuenta el tamaño de las partículas, la pureza y la morfología. Los polvos de tungsteno comúnmente utilizados en la industria varían de 1 a 10 μm , y los polvos que son demasiado finos ($<1 \mu\text{m}$) pueden causar una contracción excesiva durante la sinterización, mientras que los polvos que son demasiado gruesos ($>10 \mu\text{m}$) pueden reducir la densidad y la uniformidad del electrodo. Por lo general, se requiere una distribución uniforme del tamaño de partícula para garantizar una buena fluidez del polvo durante el prensado y la sinterización.

La pureza es el indicador clave para la selección del polvo de tungsteno. Se requiere que la pureza del polvo de tungsteno alcance más del 99.95% para reducir la influencia de las impurezas (como hierro, níquel, oxígeno, carbono, etc.) en la conductividad y el rendimiento de soldadura del electrodo. Los altos niveles de impurezas pueden provocar inestabilidad del arco o un aumento de la combustión de los electrodos. Por ejemplo, los niveles de oxígeno superiores al 0,02% pueden formar óxidos volátiles (WO_3) a altas temperaturas, lo que reduce la vida útil del electrodo.

También se debe tener en cuenta la morfología del polvo de tungsteno. El polvo de tungsteno con morfología casi esférica o poliédrica generalmente se selecciona debido a su alta densidad aparente y fluidez, lo que favorece la uniformidad de la formación en prensa. La deposición química de vapor (CVD) o la reducción de hidrógeno se usan comúnmente en la producción para preparar polvo de tungsteno de alta pureza para garantizar que la calidad del polvo cumpla con los estándares internacionales (e.g. ISO 6848: 2015).

Purificación de polvo de tungsteno

El proceso de purificación del polvo de tungsteno está diseñado para eliminar las impurezas de la materia prima y mejorar la pureza y el rendimiento. Los métodos comunes de purificación incluyen:

Método de reducción de hidrógeno: el ácido tungstico (H_2WO_4) u óxido de tungsteno (WO_3) se reduce a polvo metálico de tungsteno bajo una atmósfera de hidrógeno a alta temperatura (800-1000 $^{\circ}\text{C}$). Este método puede eliminar eficazmente el oxígeno y algunas impurezas volátiles para obtener polvo de tungsteno de alta pureza.

Proceso de decapado: use ácido clorhídrico diluido o solución de ácido nítrico para limpiar el polvo de tungsteno y eliminar las impurezas metálicas como el hierro y el níquel adsorbidas en la superficie. Después del decapado, enjuague repetidamente con agua desionizada para evitar residuos ácidos.

Tratamiento al vacío a alta temperatura: el polvo de tungsteno se trata a alta temperatura (1200-1500 $^{\circ}\text{C}$) en un entorno de vacío (10^{-4} Pa) para eliminar aún más el oxígeno y el carbono residuales y garantizar una pureza del 99,99%.

El polvo de tungsteno purificado se somete a un tamizado del tamaño de partícula (generalmente mediante una criba vibratoria o un clasificador de flujo de aire) para garantizar que la distribución del tamaño de partícula cumpla con los requisitos. Después del cribado, el polvo de tungsteno debe almacenarse en un entorno seco, al vacío o con gas inerte para evitar la oxidación o la absorción de

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

humedad.

4.1.2 Proceso de dopaje con óxido de torio

El óxido de torio (ThO_2) es el dopante clave de los electrodos de tungsteno y torio, y su contenido (0,8-4,2%) afecta directamente el trabajo electrónico y la estabilidad del arco de los electrodos. El proceso de dopaje con óxido de torio debe garantizar su distribución uniforme en la matriz de tungsteno, al tiempo que se controla su riesgo de radiactividad.

Selección de óxido de torio

Los polvos de óxido de torio deben ser de alta pureza (>99,9%) y tener un tamaño de partícula adecuado (0,5-2 μm). Las partículas de óxido de torio demasiado finas pueden aglomerarse durante el proceso de sinterización, lo que da lugar a una distribución desigual; Las partículas demasiado gruesas pueden reducir la resistencia mecánica del electrodo. El óxido de torio generalmente se prepara por descomposición térmica o precipitación de sales de torio (como el nitrato de torio), y el contenido de impurezas (como uranio, hierro, etc.) debe controlarse estrictamente para evitar afectar el rendimiento del electrodo.

Debido a la radiactividad traza del óxido de torio (torio-232, vida media de 14 mil millones de años), su adquisición y almacenamiento deben cumplir con las regulaciones sobre la gestión de sustancias radiactivas (por ejemplo, GB 18871-2002). Los proveedores están obligados a proporcionar un informe de la prueba de radiactividad para garantizar que la concentración de la actividad está por debajo del estándar exento (1 Bq/g).

Proceso de dopaje

El proceso de dopaje con óxido de torio generalmente se lleva a cabo en la etapa de mezcla, y los métodos principales incluyen:

Mezcla en seco: el polvo de tungsteno y el polvo de óxido de torio se mezclan en un mezclador de alta velocidad (como un mezclador tipo V o un mezclador tridimensional), y el tiempo de mezcla suele ser de 4 a 8 horas. Se debe agregar una pequeña cantidad de aglutinantes orgánicos (como alcohol polivinílico, PVA) durante el proceso de mezcla para mejorar la fluidez del polvo y evitar la aglomeración de partículas de óxido de torio.

Mezcla húmeda: El polvo de tungsteno y el polvo de óxido de torio se dispersan en agua desionizada o etanol y se mezclan en húmedo mediante un molino de bolas (generalmente usando bolas de zirconio). La mezcla húmeda mejora la homogeneidad, pero se requiere un secado posterior (100-150 °C, vacío o atmósfera inerte) para eliminar los disolventes.

Método de coprecipitación química: se agrega nitrato de torio a la solución de tungstato y se forma un complejo de tungsteno-torio a través de la coprecipitación, y luego se prepara polvo dopado por reducción a alta temperatura. Este método puede lograr un dopaje uniforme a nivel atómico, pero es costoso y se usa a menudo en la producción de electrodos de alta gama.

El contenido de óxido de torio debe controlarse estrictamente durante el proceso de dopaje, y las proporciones de WT10 (0,8-1,2%), WT20 (1,7-2,2%), WT30 (2,8-3,2%) y WT40 (3,8-4,2%) deben

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

pesarse con precisión (precisión $\pm 0,01\%$). El polvo mezclado se detecta mediante espectroscopia de fluorescencia de rayos X (XRF) o espectroscopia de plasma acoplado inductivamente (ICP) para garantizar la homogeneidad.

Protección radiológica

Se requieren estrictas medidas de protección radiactiva en el proceso de dopaje con óxido de torio. Los operadores deben usar ropa protectora y máscaras, y el equipo de mezcla debe estar equipado con una cubierta hermética y un sistema de ventilación para evitar la propagación del polvo. El polvo mezclado debe almacenarse en un recipiente hermético con una etiqueta de advertencia radiactiva.

4.2 Proceso de pulvimetalurgia del electrodo de tungsteno y torio

La pulvimetalurgia es el proceso central de la preparación de electrodos de tungsteno y torio, que convierte el polvo de tungsteno y el polvo de óxido de torio en varillas de electrodos de alto rendimiento mediante mezcla, prensado, sinterización y tratamiento térmico. Este proceso requiere un control preciso de los parámetros en cada etapa para garantizar una densidad, una estructura de grano y un rendimiento constantes del electrodo.

4.2.1 Mezcla y prensado

Mezcla

La composición es el primer paso en la pulvimetalurgia y está diseñada para garantizar una distribución uniforme del polvo de tungsteno y el óxido de torio. El equipo de mezcla suele ser un mezclador de alta velocidad o un molino de bolas, y el tiempo y la velocidad de mezcla deben ajustarse de acuerdo con el tamaño y la proporción de partículas en polvo. Por ejemplo, el electrodo WT20 (1,7-2,2% ThO₂) debe mezclarse durante 6-8 horas a 200-300 rpm para evitar la aglomeración de partículas de óxido de torio.

Durante el proceso de mezcla se añade una pequeña cantidad de aglutinante (por ejemplo, PVA o polietilenglicol, PEG, proporción de masa del 0,5-1%) para mejorar el flujo del polvo. Una vez completada la mezcla, la distribución del tamaño de partícula del polvo se verifica mediante un analizador láser de tamaño de partícula para garantizar que el D50 (tamaño de partícula medio) esté en el rango de 2-5 μm .

suprimir

El proceso de prensado forma el polvo mezclado en blanco, generalmente por prensado isostático en frío (CIP) o compresión. El prensado isostático en frío es el método principal, en el que el polvo se presiona en palanquillas de varilla o placa a alta presión (100-200 MPa). Durante el proceso de prensado, es necesario controlar la presión y el tiempo de retención (1-3 minutos) para garantizar que la densidad de la pieza en bruto primaria sea uniforme (alrededor del 60-70% de la densidad teórica).

Los equipos de prensado están equipados con moldes de precisión, generalmente hechos de carburo o acero inoxidable, para soportar altas presiones y garantizar la precisión dimensional. El diámetro

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

y la longitud de la pieza en bruto se basan en la especificación final del electrodo (por ejemplo, 1,6 mm, 2,4 mm, 3,2 mm). Después del prensado, la pieza en bruto se somete a una inspección preliminar (por ejemplo, inspección visual y prueba de densidad) para eliminar grietas o defectos.

4.2.2 Proceso de sinterización

La sinterización es un paso clave en la pulvimetalurgia, donde la pieza en bruto primaria se densifica y se forma una microestructura estable mediante un tratamiento a alta temperatura. La sinterización de electrodos de torio y tungsteno generalmente se lleva a cabo bajo atmósfera de hidrógeno o vacío para evitar la oxidación.

Equipos y condiciones de sinterización

El horno de sinterización suele ser un horno de resistencia a alta temperatura o un horno de inducción con un rango de temperatura de funcionamiento de 2000-2800 °C. El proceso de sinterización se divide en tres etapas:

Presinterización a baja temperatura (800-1200 °C): Elimine los aglutinantes y las impurezas volátiles, y la contracción de la pieza en bruto primaria es de aproximadamente 5-10%.

Sinterización a alta temperatura (2200-2800 °C): las partículas de tungsteno se difunden y combinan, y las partículas de óxido de torio se distribuyen uniformemente en la matriz de tungsteno, y la densidad del blanco alcanza el 95-98% de la densidad teórica.

Aislamiento y enfriamiento (1800-1000 °C): Al controlar el tiempo de retención (2-4 horas) y la velocidad de enfriamiento (10-20 °C/min), se optimiza la estructura del grano y se reduce la tensión interna.

La atmósfera de sinterización debe controlarse estrictamente y la pureza del hidrógeno debe ser > del 99,999% para evitar la contaminación por oxígeno o nitrógeno. La sinterización al vacío (10^{-4} Pa) reduce aún más el contenido de impurezas y es adecuada para la producción de electrodos de alta gama.

Control de microestructura

Durante el proceso de sinterización, la distribución de las partículas de óxido de torio en la matriz de tungsteno y el tamaño de grano son clave. La temperatura y el tiempo de sinterización adecuados pueden dar lugar a una distribución uniforme de las partículas de óxido de torio (tamaño de partícula de 0,5-2 μm) y evitar la aglomeración o segregación. El tamaño de grano de la matriz de tungsteno generalmente se controla a 10-50 μm , y los granos demasiado grandes pueden reducir la resistencia mecánica, mientras que los granos demasiado pequeños pueden afectar la conductividad eléctrica.

La pieza en bruto sinterizada se analiza mediante microscopía metalúrgica y microscopía electrónica de barrido (SEM) para garantizar que no haya grietas, poros ni segregación de óxido de torio. Las pruebas de densidad (Arquímedes) confirman que la densidad de la pieza en bruto es de 18,5-19,0 g/cm³.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO_2). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8–1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7–2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8–3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8–4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. 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

4.2.3 Tratamiento térmico y control de grano

El tratamiento térmico es un paso importante después de la sinterización para optimizar la estructura del grano, las propiedades mecánicas y las propiedades de soldadura del electrodo. El tratamiento térmico suele constar de dos etapas: recocido y control del grano.

recocer

El recocido se lleva a cabo en una atmósfera de hidrógeno o vacío a una temperatura de 1200-1600 °C y un tiempo de retención de 1-2 horas. El recocido alivia las tensiones internas generadas durante el proceso de sinterización y mejora la ductilidad y la resistencia a la fractura del electrodo. Después del recocido, la dureza del electrodo disminuye ligeramente (alrededor de 350-400 HV), pero la tenacidad mejora significativamente, lo que lo hace adecuado para el calandrado posterior.

Control de grano

El control de grano ajusta el tamaño de grano de la matriz de tungsteno a través de un proceso de tratamiento térmico preciso. Los granos más pequeños (10-20 µm) aumentan la resistencia mecánica del electrodo y son adecuados para la soldadura de alta corriente; Los granos más grandes (30-50 µm) son beneficiosos para la conductividad y la estabilidad del arco. El control del tamaño de grano depende de:

Temperatura de sinterización: la alta temperatura (>2600 °C) promueve el crecimiento del grano, la baja temperatura (<2200 °C) inhibe el crecimiento del grano.

Efecto dopante: las partículas de óxido de torio pueden clavar los límites del grano, inhibir el crecimiento excesivo del grano y garantizar una microestructura uniforme.

Velocidad de enfriamiento: El enfriamiento rápido (20-30 °C/min) fija los granos finos, y el enfriamiento lento (5-10 °C/min) da como resultado granos más grandes.

Después del tratamiento térmico, la estructura del grano de la pieza en bruto se verifica mediante difracción de rayos X (XRD) y análisis metalográfico para garantizar que cumpla con los requisitos de rendimiento de WT10, WT20, WT30 o WT40.

4.3 Proceso de laminación y molienda del electrodo de tungsteno y torio

El proceso de calandrado y molienda procesa la pieza en bruto sinterizada en una varilla de electrodo según las especificaciones para garantizar la precisión dimensional, la calidad de la superficie y el rendimiento constante.

4.3.1 Conformación de varillas de electrodos

El calandrado es el proceso principal de formación de varillas de electrodos, en el que la pieza en bruto sinterizada se procesa hasta el diámetro deseado (0,5-10 mm) mediante calandrado en caliente o en frío de varias pasadas. El calandrado en caliente generalmente se lleva a cabo a 1400-1800 °C, utilizando un calandrado de varios rodillos para reducir gradualmente el diámetro de la pieza en bruto. La cantidad de deformación se controla en un 10-20% por calandrado para evitar grietas o concentraciones de tensiones internas.

Proceso de calandrado

Equipo: Calandra multirodillo o máquina de forja rotativa, equipada con matrices de precisión y sistemas de calentamiento.

Parámetros de proceso: temperatura 1400-1800 °C, velocidad de calandrado 0,5-2 m/min, deformación 10-20%/pasada.

Control de atmósfera: atmósfera de hidrógeno o vacío para evitar la oxidación.

Después del calandrado, la varilla del electrodo se endereza (por medio de un enderezador) y se realiza una inspección dimensional preliminar. Las tolerancias de diámetro se controlan normalmente a $\pm 0,05$ mm y las tolerancias de longitud de ± 1 mm. Es necesario seleccionar diferentes tipos de electrodos (por ejemplo, WT20, WT40) de acuerdo con el diámetro apropiado para la aplicación final, por ejemplo, 1,6 mm para soldadura de baja corriente y 4,8 mm para soldadura de alta corriente.

Corte y preprocesamiento

Las barras largas calandradas se cortan a longitudes estándar (por ejemplo, 150 mm o 175 mm) con una cortadora de diamante o láser para garantizar un corte plano. Después del corte, la varilla del electrodo se somete a una molienda preliminar para eliminar la capa de óxido superficial y las rebabas en preparación para el proceso de molienda posterior.

4.3.2 Pulido de superficies y control de precisión

El pulido de superficies es el paso final en la preparación de electrodos de tungsteno y torio y está diseñado para mejorar la calidad de la superficie y la precisión dimensional, y reducir la deriva del arco y el quemado en la soldadura.

Esmerilado y pulido

Molienda gruesa: Se utiliza una muela abrasiva de diamante (malla de grano 80-120) para eliminar los defectos de la superficie, y la rugosidad de la superficie alcanza Ra 1,6-3,2 μm .

Esmerilado fino: Se utilizan muelas abrasivas de grano fino (malla 200-400) para alisar aún más la superficie con una rugosidad de Ra 0,8-1,6 μm .

Pulido: Utilice pasta de pulido y una rueda de tela giratoria de alta velocidad para reducir la rugosidad de la superficie a Ra 0,2-0,4 μm para garantizar un efecto de espejo.

Durante el proceso de pulido, se utiliza un equipo de molienda especial, equipado con un sistema de enfriamiento por agua para reducir la temperatura y evitar daños térmicos en la matriz de tungsteno y el óxido de torio. El polvo de molienda se recoge a través de un recinto y un sistema de filtración de alta eficiencia para evitar la contaminación radiactiva.

Control de precisión

Precisión del diámetro: El diámetro se detecta con un calibrador láser con una tolerancia de $\pm 0,02$ mm.

Rectitud: Detectada por un proyector óptico o un escáner láser para garantizar que la desviación de la rectitud < de 0,1 mm/m.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Calidad de la superficie: La superficie se inspecciona por microscopía sin grietas, arañazos ni residuos de óxido.

Después del pulido, los electrodos se someten a una limpieza final (ultrasónica o química) para eliminar el aceite y el polvo de la superficie, seguida de un envasado al vacío para evitar la oxidación.

4.4 Control de calidad de electrodos de tungsteno de torio

El control de calidad se lleva a cabo en cada paso de la preparación del electrodo de tungsteno y torio, cubriendo la uniformidad de la composición, la precisión dimensional y la calidad de la superficie para garantizar que el electrodo cumpla con los estándares internacionales (e.g. ISO 6848: 2015) y los requisitos del cliente.

4.4.1 Pruebas de uniformidad de ingredientes

La homogeneidad de la composición afecta directamente el rendimiento de la soldadura y la consistencia del electrodo. Los ensayos incluyen:

Espectroscopia de fluorescencia de rayos X (XRF): detección no destructiva de tungsteno y óxido de torio con una precisión del $\pm 0,01\%$. Por ejemplo, el electrodo WT20 debe asegurarse de que el contenido de óxido de torio esté en el rango de 1,7-2,2%.

Espectroscopia de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES): El análisis de alta precisión de elementos de impurezas (por ejemplo, Fe, Ni, O, C) garantiza un contenido total de impurezas del $< 0,05\%$.

Microscopía electrónica de barrido (SEM-EDS): Analice la distribución y el tamaño de partícula de las partículas de óxido de torio para confirmar que no hay aglomeración ni segregación.

La frecuencia de las pruebas suele ser del 10 al 20% de muestreo por lote, y los lotes no calificados deben mezclarse o sinterizarse.

4.4.2 Inspección de calidad dimensional y superficial

Las inspecciones de calidad dimensional y superficial garantizan la precisión geométrica y el rendimiento de soldadura de los electrodos. Los ensayos incluyen:

Inspección dimensional: El diámetro y la longitud se miden mediante calibradores láser y micrómetros, y las tolerancias cumplen con los estándares (como GB/T 4187-2017).

Detección de rectitud: medida por un escáner láser o un proyector óptico para garantizar una desviación de $< 0,1 \text{ mm/m}$.

Inspección de la calidad de la superficie: Inspeccione la superficie con un microscopio óptico o un medidor de rugosidad de la superficie con una rugosidad de $Ra < 0,4 \mu\text{m}$ y sin grietas, arañazos ni óxidos.

Los electrodos no conformes deben ser reelaborados (reafilados o pulidos) o desechados, y los registros de inspección se archivan para rastrear los problemas de calidad.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

4.5 Prevención y control de la contaminación radiactiva de los electrodos de torio y tungsteno

La cantidad de radiactividad del óxido de torio (torio-232) es un desafío importante en la producción de electrodos de tungsteno y torio, que requiere una estricta gestión de desechos, medidas de protección y eliminación de desechos para reducir los riesgos para la salud y el medio ambiente.

4.5.1 Gestión de residuos radiactivos en el proceso de producción

Los residuos radiactivos generados durante el proceso de producción incluyen polvo, residuos y aguas residuales. Las medidas de gestión incluyen:

Recolección de polvo: Los equipos de mezcla, molienda y pulido requieren una campana de contención y un sistema de filtración de alta eficiencia (por ejemplo, filtro HEPA) con una tasa de captura del > del 99,9%.

Clasificación de residuos: Los residuos procedentes de la sinterización y el corte se recogen por separado y se almacenan en contenedores sellados marcados con una advertencia radiactiva.

Monitoreo de residuos: La actividad de los desechos se monitorea regularmente utilizando el Detector de Tasa de Dosis de Radiación X-γ (AT1123) y el Detector de Contaminación de Superficies de α y β (XH-3206) para garantizar que esté por debajo del estándar de exención (1 Bq/g).

Los desechos se registrarán y notificarán de conformidad con las Medidas para la vigilancia de la radiación ambiental y la divulgación de información de las empresas para el desarrollo y la utilización de minas radiactivas conexas (para la ejecución de ensayos).

4.5.2 Medidas de protección y requisitos de equipamiento

Las medidas de protección están diseñadas para proteger a los operadores y al medio ambiente de los peligros de radiación:

Protección personal: Los operadores deben usar ropa protectora, máscaras contra el polvo y guantes, y recibir un control regular de la dosis de radiación (dosis efectiva < 1 mSv por año).

Requisitos del equipo: Los mezcladores, los hornos de sinterización y los equipos de molienda deben estar equipados con campanas cerradas y sistemas de ventilación, y las emisiones de gases de escape deben tratarse mediante filtros de carbón activado.

Entorno de trabajo: Es necesario instalar monitores de radiación en el taller de producción para controlar la tasa de dosis X-γ (<0,1 μSv/h) y α y β contaminación de la superficie en tiempo real.

4.5.3 Tratamiento de aguas residuales y residuos sólidos

Tratamiento de aguas residuales: Las aguas residuales producidas por la mezcla y la limpieza deben tratarse mediante sedimentación, filtración e intercambio iónico para eliminar los compuestos de torio, y la actividad de las aguas residuales debe ser inferior a 0,1 Bq/L antes de la descarga.

Tratamiento de residuos sólidos: El polvo y los materiales de desecho deben solidificarse (por ejemplo, mezclarse con matriz de cemento) y almacenarse en un depósito de residuos radiactivos dedicado, que se entrega regularmente a instituciones profesionales para su eliminación.

Documentación y supervisión: La eliminación de residuos está sujeta a inspecciones periódicas por

parte de las autoridades de protección ambiental que registran la actividad, el peso y los métodos de eliminación.



ELECTRODO CTIA GROUP LTD WT20

Capítulo 5 Usos del electrodo de torio y tungsteno

Debido a sus excelentes propiedades físicas, químicas y de soldadura, los electrodos de tungsteno y torio tienen una amplia gama de aplicaciones en campos industriales, especialmente en soldadura por arco de tungsteno y argón (soldadura TIG), soldadura por plasma y otros escenarios industriales especiales. El bajo trabajo de escape de electrones, la alta estabilidad del arco y la baja tasa de quemado de los electrodos de tungsteno y torio los convierten en el material elegido para la soldadura de alta precisión y alta carga. Sin embargo, debido a la cantidad de radiactividad provocada por el óxido de torio (ThO_2), los escenarios de aplicación son limitados, lo que promueve el desarrollo y la sustitución de electrodos no radiactivos. Este capítulo discutirá en detalle la aplicación de electrodos de tungsteno de torio en el campo de la soldadura, otros usos industriales y las limitaciones de sus escenarios de aplicación.

5.1 Aplicación del electrodo de tungsteno de torio en el campo de la soldadura

La aplicación del electrodo de tungsteno y torio en el campo de la soldadura se concentra principalmente en la soldadura por arco de argón y tungsteno (soldadura TIG), la soldadura por plasma y el proceso de soldadura con electrodo negativo de corriente continua (DCEN). Su excelente rendimiento de iniciación de arco y estabilidad del arco lo convierten en una opción ideal para soldar altos puntos de fusión y metales refractarios, y son ampliamente utilizados en las industrias aeroespacial, nuclear, petroquímica, de fabricación automotriz y de construcción naval.

5.1.1 Soldadura con gas inerte de tungsteno

La soldadura con gas inerte de tungsteno (TIG) es un método de soldadura que utiliza electrodos de

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

tungsteno para generar un arco bajo la protección de un gas inerte (como argón o helio), y es ampliamente utilizado en una variedad de escenarios industriales debido a sus soldaduras de alta precisión y alta calidad. Los electrodos de tungsteno y torio dominan la soldadura TIG, especialmente en los procesos de soldadura de ánodo de corriente continua (DCEN) y ciertos procesos de soldadura de corriente alterna (CA).

Beneficios de rendimiento

El bajo trabajo electrónico del electrodo de tungsteno de torio (aprox. 2,63 eV) facilita el inicio del arco a bajos voltajes, lo que reduce la entrada de calor durante el inicio del arco, lo que lo hace adecuado para la soldadura de precisión. Su alta estabilidad del arco le permite mantener un arco concentrado y continuo en un amplio rango de corriente (50-500 A), lo que reduce las salpicaduras y los defectos de soldadura. Además, la baja tasa de quemado de los electrodos de tungsteno y torio prolonga la vida útil y reduce los costos de producción. Se pueden seleccionar diferentes tipos de electrodos de tungsteno de torio (por ejemplo, WT10, WT20, WT30, WT40) de acuerdo con los requisitos actuales y de material:

WT10 (0,8-1,2% ThO₂): adecuado para soldadura de precisión de baja corriente (50-150 A), como chapa fina de acero inoxidable o aleaciones de cobre.

WT20 (1,7-2,2% ThO₂): adecuado para corrientes medias y altas (100-300 A) y es el modelo más utilizado en soldadura TIG.

WT30/WT40 (2,8-4,2% ThO₂): Adecuado para soldaduras de alta corriente (200-500 A) de alta resistencia, como placas gruesas de titanio o aleaciones de níquel.

Escenarios de aplicación

Aeroespacial: La soldadura TIG utiliza electrodos de tungsteno de torio (normalmente WT20 o WT30) para soldar aleaciones de titanio (por ejemplo, Ti-6Al-4V) y aleaciones a base de níquel (por ejemplo, Inconel 718) para la fabricación de fuselajes de aviones, palas de motor y componentes de turbinas. Estos componentes requieren alta resistencia, ausencia de defectos y una excelente resistencia a la corrosión de la soldadura, y el arco estable y la baja tasa de quemado del electrodo de tungsteno y torio garantizan la calidad de la soldadura. Por ejemplo, en la fabricación de aviones Boeing 787, los electrodos WT20 se utilizan para la soldadura TIG de estructuras de fuselaje de aleación de titanio para garantizar las propiedades mecánicas y la vida útil a fatiga de las soldaduras.

Industria nuclear: Los electrodos de tungsteno de torio se utilizan ampliamente en la soldadura TIG de recipientes a presión y tuberías en plantas de energía nuclear. Los electrodos WT30 o WT40 son capaces de proporcionar un arco estable a altas corrientes, soldar aceros inoxidables de paredes gruesas (por ejemplo, 316L) o aleaciones de níquel, asegurando que la soldadura esté libre de porosidad y grietas. Por ejemplo, en la fabricación del recipiente a presión del reactor AP1000 de la industria nuclear china, los electrodos de tungsteno y torio se utilizan para la soldadura de componentes clave.

Industria petroquímica: Los electrodos de tungsteno de torio se utilizan para soldar tuberías y recipientes resistentes a la corrosión, como acero inoxidable (304, 316) y aleaciones a base de níquel.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

(Hastelloy). La estabilidad del arco del electrodo WT20 a corrientes medias y altas garantiza la uniformidad y la resistencia a la corrosión del cordón de soldadura para satisfacer las necesidades de entornos químicos hostiles.

Fabricación de automóviles: Los electrodos de tungsteno de torio se utilizan para la soldadura TIG de aleaciones de acero y aluminio de alta resistencia, como la fabricación de sistemas de suspensión y escape de automóviles. El electrodo WT10 es adecuado para soldar piezas de paredes delgadas a bajas corrientes, lo que reduce la distorsión térmica y el daño del material.

Precauciones operativas

Cuando se utilizan electrodos de tungsteno de torio en la soldadura TIG, es necesario seleccionar el diámetro del electrodo (1,6-6,4 mm) y el ángulo de molienda (15°-45°) adecuados en función del material y la corriente. Los ángulos de molienda agudos (20°-30°) pueden concentrar el arco y mejorar la precisión; El gran ángulo (30°-45°) es adecuado para la soldadura de alta corriente y mejora la durabilidad. El caudal de gas de protección (8-15 L/min) debe controlarse estrictamente para evitar la deriva del arco o la oxidación del electrodo. Los electrodos de molienda requieren el uso de un molinillo dedicado y un dispositivo de recolección de polvo para reducir el riesgo de radiactividad.

5.1.2 Soldadura por plasma

La soldadura por arco de plasma (PAW) es un método de soldadura que utiliza arco confinado para generar un flujo de plasma a alta temperatura, que tiene una mayor densidad de energía y precisión de soldadura, y es adecuado para la soldadura de precisión de materiales con altos puntos de fusión. Los electrodos de tungsteno y torio sobresalen en la soldadura por plasma debido a su capacidad para mantener un arco estable en un entorno de plasma de alta temperatura y alta presión.

Beneficios de rendimiento

La temperatura del arco de la soldadura por plasma puede alcanzar los 15000-20000 °C, lo que requiere una estabilidad térmica y una resistencia a la combustión del electrodo extremadamente altas. El alto punto de fusión (3422 °C) del electrodo de tungsteno de torio y la capacidad de emisión térmica de electrones del óxido de torio le permiten soportar condiciones tan extremas. Los electrodos WT20 y WT30 son la primera opción para la soldadura por plasma debido a su moderado contenido de óxido de torio (1,7-3,2%) y su baja tasa de quemado. El bajo trabajo de electrones de los electrodos garantiza un arco rápido en el modo de inicio de arco de alta frecuencia o pulso, mientras que la estabilidad del arco garantiza la uniformidad y la profundidad de la soldadura.

Escenarios de aplicación

Aeroespacial: La soldadura por plasma utiliza electrodos de tungsteno y torio para soldar componentes de aleaciones de titanio y níquel, como toberas de motores de cohetes y álabes de turbinas aeroespaciales. El electrodo WT20 es capaz de proporcionar un arco de plasma estable a altas densidades de energía, lo que garantiza la profundidad y la resistencia de la soldadura. Por ejemplo, los electrodos de tungsteno y torio se utilizan para la soldadura por plasma de precisión en la soldadura del tanque de combustible del cohete Falcon de SpaceX.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Dispositivos médicos: La soldadura por plasma se utiliza para fabricar dispositivos médicos de acero inoxidable o aleación de titanio, como instrumentos quirúrgicos e implantes. El electrodo WT10 es adecuado para materiales de paredes delgadas en soldadura por plasma de baja corriente, lo que reduce la zona afectada por el calor (HAZ) y garantiza la calidad de la superficie.

Industria electrónica: Los electrodos de tungsteno de torio se utilizan en la soldadura por plasma en miniatura para la conexión de componentes electrónicos como paquetes de semiconductores y placas de circuitos en miniatura. Los electrodos WT10 o WT20 proporcionan un control de arco fino para una alta precisión.

Precauciones operativas

En la soldadura por plasma, los electrodos de tungsteno y torio deben usar un diámetro más pequeño (1.0-2.4 mm) para acomodar el arco de plasma con alta densidad de energía. La punta del electrodo debe rectificarse en un ángulo agudo (15°-25°) para concentrar el arco, y el caudal del gas protector (mezcla de argón o argón y helio) debe controlarse con precisión (2-5 L/min). Debido al entorno de alta temperatura de la soldadura por plasma, los electrodos deben equiparse con pistolas de soldadura refrigeradas por agua para reducir la carga de calor y prolongar la vida útil.

5.1.3 Soldadura de ánodo de CC (acero al carbono, acero inoxidable, aleación de níquel, aleación de titanio, etc.)

La soldadura de ánodo de corriente continua (DCEN) es el modo de aplicación más común de los electrodos de tungsteno y torio, donde los electrones fluyen desde el electrodo a la pieza de trabajo y el calor se concentra principalmente en la pieza de trabajo, lo que reduce la carga térmica del electrodo. Este modo es adecuado para soldar una amplia gama de materiales metálicos, incluidos acero al carbono, acero inoxidable, aleaciones de níquel y aleaciones de titanio.

Beneficios de rendimiento

En el modo DCEN, el bajo trabajo de electrones y la estabilidad del arco del electrodo de tungsteno y torio le permiten iniciar rápidamente un arco y mantener un flujo de arco concentrado y continuo. Los diferentes tipos de electrodos son adecuados para diferentes corrientes y materiales:

Acero al carbono: Los electrodos WT10 o WT20 son adecuados para soldar piezas estructurales de acero al carbono, como puentes y marcos de edificios, a corrientes bajas a medias (50-200 A).

Acero inoxidable: El electrodo WT20 proporciona un arco estable a una corriente de 100-300 A, que es adecuado para soldar acero inoxidable como 304, 316, etc., y es ampliamente utilizado en tuberías petroquímicas y equipos de procesamiento de alimentos.

Aleaciones de níquel: Los electrodos WT30 o WT40 son adecuados para soldar Inconel o Hastelloy a altas corrientes (200-400 A) para componentes resistentes a la corrosión en equipos aeroespaciales y químicos.

Aleaciones de titanio: Los electrodos WT20 o WT30 son adecuados para soldar aleaciones de titanio (por ejemplo, Ti-6Al-4V) a corrientes medias a altas para su uso en campos aeroespaciales y médicos donde se requieren entornos de alta precisión y libres de oxígeno.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

La baja tasa de quemado del electrodo de tungsteno de torio garantiza la confiabilidad para la soldadura a largo plazo, especialmente en la soldadura de placas gruesas o materiales con altos puntos de fusión. Por ejemplo, el electrodo WT40 es capaz de funcionar de forma continua durante varias horas a 400 A sin prácticamente ningún cambio en la forma de la punta del electrodo.

Escenarios de aplicación

Aeroespacial: Los electrodos de tungsteno de torio se utilizan para la soldadura DCEN-TIG de aleaciones de titanio y níquel, como fuselajes de aviones, componentes de motores y tanques de combustible de cohetes. El electrodo WT20 proporciona un arco estable a 150-250 A, lo que garantiza una alta resistencia y resistencia a la corrosión de la soldadura.

Industria nuclear: Los electrodos WT30 o WT40 se utilizan para la soldadura de recipientes a presión de acero inoxidable y aleación de níquel, como las tuberías de refrigeración de los reactores nucleares. La estabilidad del arco es alta, la soldadura está libre de defectos y cumple con estrictos estándares de seguridad.

Industria petroquímica: Los electrodos de tungsteno de torio se utilizan para la soldadura de tuberías de acero al carbono y acero inoxidable, como oleoductos en refinerías de petróleo. El electrodo WT20 garantiza la resistencia a la corrosión y las propiedades mecánicas de la soldadura a corrientes medias y altas.

Industria marina: Los electrodos WT30 se utilizan para soldar placas de acero de alta resistencia, como estructuras de casco y cubierta, y la estabilidad del arco garantiza la profundidad y la calidad de la soldadura de placas gruesas.

Precauciones operativas

En la soldadura DCEN, el diámetro del electrodo debe seleccionarse de acuerdo con la corriente (1,6-6,4 mm) y el ángulo de molienda (20°-35°) debe optimizarse para concentrar el arco. El caudal del gas de protección (argón o helio) debe mantenerse entre 8 y 12 L/min para evitar la oxidación del electrodo o la contaminación del baño de fusión. Compruebe regularmente el estado de la punta del electrodo y vuelva a molerla si es necesario para restaurar el rendimiento.

5.2 Aplicación del electrodo de tungsteno y torio en otras industrias

Además de la soldadura, los electrodos de tungsteno y torio también tienen aplicaciones importantes en otros escenarios industriales, especialmente en electrónica de vacío y corte por arco, donde su alto punto de fusión y capacidades de emisión térmica de electrones los convierten en materiales clave.

5.2.1 Materiales catódicos en electrónica de vacío

Los electrodos de torio y tungsteno se utilizan como materiales catódicos para dispositivos electrónicos de vacío, como tubos de microondas, tubos de rayos X y tubos de rayos catódicos, debido a su bajo trabajo de escape de electrones y alta estabilidad térmica. El cátodo es el componente central de la emisión de electrones en los dispositivos electrónicos, y el material es necesario para poder trabajar de manera estable en un entorno de alta temperatura y alto vacío.

Beneficios de rendimiento

El dopaje de óxido de torio del electrodo de tungsteno de torio reduce significativamente el trabajo de escape de electrones (2,63 eV), lo que hace que emita una gran cantidad de electrones a una temperatura más baja (alrededor de 1500-2000 °C), que es mejor que la del cátodo de tungsteno puro (por encima de 2500 °C). Su alto punto de fusión y resistencia al quemado garantizan la durabilidad del cátodo en operaciones de alta potencia. Los electrodos WT20 y WT30 se utilizan a menudo en este tipo de aplicaciones debido a su moderado contenido de óxido de torio.

Escenarios de aplicación

Tubos de microondas: Los electrodos de torio y tungsteno se utilizan como cátodos en tubos de microondas para equipos de radar y comunicación, como magnetrones y tubos de onda viajera. Su capacidad estable de emisión de electrones garantiza un rendimiento de alta frecuencia y una larga vida útil del dispositivo. Por ejemplo, en los sistemas de radar militares, el cátodo de electrodo WT20 es capaz de miles de horas de funcionamiento continuo a alta potencia.

Tubos de rayos X: Los electrodos de torio y tungsteno se utilizan en los cátodos de los tubos de rayos X médicos e industriales para producir un haz de electrones estable para excitar los rayos X. El bajo trabajo de electrones y la alta estabilidad térmica del electrodo WT20 son adecuados para equipos de rayos X de alta intensidad, como los escáneres de TC.

Tubo de rayos catódicos (CRT): Aunque la tecnología CRT se está eliminando gradualmente, los electrodos de tungsteno y torio todavía se utilizan como materiales catódicos en algunos dispositivos de visualización especiales, proporcionando una emisión de electrones estable.

Precauciones operativas

En la electrónica de vacío, los electrodos de tungsteno y torio deben funcionar en un entorno de alto vacío (10^{-6} Pa) para evitar la oxidación o la contaminación. La superficie del electrodo está pulida con precisión ($Ra < 0,2 \mu m$) para garantizar una emisión uniforme de electrones. El polvo radiactivo debe controlarse estrictamente durante la producción y la instalación, y los operadores deben usar equipo de protección.

5.2.2 Corte e iniciación del arco

Los electrodos de torio y tungsteno son adecuados para escenarios industriales con alta densidad de energía debido a su alta estabilidad al arco y resistencia a altas temperaturas en aplicaciones de corte e iniciación de arco.

Beneficios de rendimiento

El corte por arco requiere que el electrodo mantenga un arco estable en un entorno de plasma de alta temperatura y alta presión, y el bajo trabajo de electrones y el alto punto de fusión del electrodo de tungsteno y torio le permiten iniciar rápidamente arcos de alta intensidad y soportar condiciones extremas. Los electrodos WT30 y WT40 se usan comúnmente para el corte por arco y el arco debido a su baja tasa de quemado y alta tolerancia a la corriente.

Escenarios de aplicación

Corte por plasma: Los electrodos de tungsteno y torio se utilizan en máquinas de corte por plasma

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

para cortar materiales como acero al carbono, acero inoxidable y aleaciones de aluminio. El electrodo WT30 proporciona un arco de plasma estable a corrientes de 200-400 A, lo que garantiza la velocidad y precisión de corte. Por ejemplo, en la construcción naval, los electrodos WT30 se utilizan para cortar placas de acero gruesas con cortes planos y una pequeña zona afectada por el calor.

Hornos de arco eléctrico: Los electrodos de torio y tungsteno se utilizan para la iniciación del arco en pequeños hornos de arco eléctrico, especialmente en laboratorios metalúrgicos, para fundir aleaciones con altos puntos de fusión. El electrodo WT40 es capaz de iniciar rápidamente el arco eléctrico y mantener un funcionamiento estable a altas corrientes.

Dispositivo de ignición: Los electrodos de tungsteno de torio se utilizan en sistemas de ignición industrial, como los de turbinas de gas o calderas, y su rápida capacidad de arco garantiza un rendimiento de ignición confiable.

Precauciones operativas

En el corte por arco, el electrodo debe estar equipado con un sistema de enfriamiento eficiente (como una boquilla refrigerada por agua) para reducir la carga de calor y prolongar la vida útil. El diámetro del electrodo (3,2-6,4 mm) y el ángulo de afilado (30°-45°) deben optimizarse de acuerdo con la corriente de corte. El polvo de torio generado durante el proceso de corte es recogido por un sistema de filtración de alta eficiencia para evitar la contaminación radiactiva.

5.3 Limitaciones de los escenarios de aplicación de electrodos de tungsteno y torio

Aunque los electrodos de tungsteno y torio tienen ventajas significativas en la soldadura y otras aplicaciones industriales, sus trazas de radiactividad y el desarrollo de electrodos alternativos plantean ciertas limitaciones para sus escenarios de aplicación.

5.3.1 Escenarios de uso radiactivo

El óxido de torio (ThO_2) en los electrodos de tungsteno y torio contiene torio-232, que es un elemento radiactivo natural que libera partículas de α y pequeñas cantidades de rayos β y γ . Aunque su concentración de actividad es baja (WT10 está cerca de 1 Bq/g, WT40 está ligeramente por encima del estándar de exención), todavía requiere estrictas medidas de protección radiológica durante la producción, el almacenamiento y el uso, lo que limita su aplicación en algunos escenarios.

Riesgo radiológico

Producción: El polvo de torio generado durante la mezcla, la sinterización y la molienda puede entrar en el cuerpo humano por inhalación o contacto, lo que aumenta el riesgo de radiación interna. La exposición a largo plazo puede causar daño pulmonar o tisular, aunque el riesgo es bajo (dosis efectiva anual de aproximadamente 0,1 a 1 mSv).

Aplicación: El rectificado de electrodos en soldadura y corte genera polvo radiactivo, lo que requiere el uso de amoladoras especiales y sistemas de ventilación eficientes. Los operadores deben usar máscaras protectoras y el lugar de trabajo debe monitorear regularmente los niveles de radiación (tasa de dosis $X\text{-}\gamma < 0,1 \mu\text{Sv/h}$).

Impacto ambiental: Los materiales de desecho en producción y uso (como el polvo, las aguas residuales y los electrodos de desecho) deben eliminarse de acuerdo con las Medidas para el

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Monitoreo de la Radiación Ambiental y la Divulgación de Información de las Empresas para el Desarrollo y Utilización de Minas Radiactivas Asociadas (Ensayo) para evitar contaminar el suelo y los cuerpos de agua.

Escenas restringidas

Industrias médicas y alimentarias: Los electrodos de tungsteno de torio están limitados en la soldadura de dispositivos médicos y equipos de procesamiento de alimentos debido al riesgo de radiactividad. Por ejemplo, Europa y América del Norte han prohibido el uso de electrodos de tungsteno y torio en soldaduras de acero inoxidable aptas para uso alimentario, cambiando a electrodos de tungsteno de cerio o tungsteno de lantano.

Áreas con altos requisitos ambientales: La Unión Europea y algunos estados de los Estados Unidos (como California) tienen regulaciones estrictas sobre el uso de materiales radiactivos, y los electrodos de tungsteno de torio requieren permisos especiales, lo que aumenta el costo de uso.

Industria electrónica de alta precisión: En la fabricación de semiconductores y microelectrónica, la radiactividad de los electrodos de tungsteno y torio puede contaminar el entorno de la sala limpia, limitando su aplicación.

Respuesta

Para reducir el riesgo de radiactividad, las empresas deben estar equipadas con equipos especiales (como trituradoras cerradas y sistemas de filtración HEPA) y los operadores deben estar capacitados en protección radiológica. El tratamiento de residuos debe cumplir con las normas internacionales y nacionales (por ejemplo, la Publicación 103 de la ICRP y GB 18871-2002) para garantizar que se cumplan las concentraciones de actividad y las emisiones.

5.3.2 Tendencias de aplicación de electrodos alternativos

Con el fortalecimiento de las regulaciones de protección ambiental y la investigación y desarrollo de electrodos no radiactivos, los electrodos de tungsteno y torio se reemplazan gradualmente por electrodos de tungsteno de cerio, tungsteno de lantano, tungsteno de circonio y itrio-tungsteno en algunos escenarios de aplicación. Estos electrodos alternativos están cerca de los electrodos de tungsteno de torio en términos de rendimiento y no tienen riesgo de radiactividad, lo que cumple con los requisitos ambientales de la industria moderna.

Rendimiento de los electrodos alternativos

Electrodo de tungsteno de cerio (WC20): contiene 1.8-2.2% de óxido de cerio, el trabajo electrónico es de aproximadamente 2.7 eV, el rendimiento de iniciación del arco y la estabilidad del arco están cerca de WT20, adecuados para soldadura DCEN y CA, no radiactivo, ampliamente utilizado en las industrias médica y electrónica.

Electrodo de tungsteno y lantano (WL20): contiene 1.8-2.0% de óxido de lantano, la estabilidad del arco y la vida útil son mejores que el electrodo de tungsteno de cerio, adecuado para soldadura de alta precisión y alta resistencia, y ha reemplazado al electrodo de tungsteno de torio en las industrias aeroespacial y nuclear.

Electrodo de tungsteno y circonio (WZ8): contiene 0,8% de circonio, especialmente diseñado para la soldadura de CA de aleaciones de aluminio y magnesio, con buena estabilidad al arco, adecuado

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

para la soldadura de metales ligeros.

Electrodo de itrio-tungsteno (WY20): con un 1,8-2,2% de óxido de itrio, el rendimiento es similar al del electrodo de tungsteno de lantano, que es adecuado para la soldadura de alta precisión, pero el costo es alto y la popularidad del mercado es baja.

Tendencias alternativas

Mercados europeos y americanos: La Unión Europea y los Estados Unidos han eliminado gradualmente los electrodos de tungsteno y torio, y los electrodos de tungsteno y lantano (WL20) se han convertido en la corriente principal, representando más del 60% del mercado de electrodos de soldadura TIG. El electrodo de tungsteno y cerio (WC20) también se usa ampliamente en escenarios sensibles a los costos.

Mercado chino: Como un gran país de recursos de tungsteno, los electrodos de tungsteno de torio todavía se utilizan en la industria pesada debido a las ventajas de costo, pero la participación de los electrodos de lantano-tungsteno y cerio-tungsteno aumenta año tras año, especialmente en el campo de los productos de exportación y la fabricación de alta gama.

Impulsados por la tecnología: Los avances en nuevos materiales dopados (por ejemplo, óxidos de tierras raras compuestos) y procesos de producción han mejorado aún más el rendimiento de los electrodos no radiactivos. Por ejemplo, la tasa de quemado de los electrodos de tungsteno de lantano a altas corrientes es cercana a WT40 y el costo está disminuyendo gradualmente.

Perspectivas de futuro

Aunque los electrodos de tungsteno y torio todavía tienen ventajas de rendimiento en soldadura de alta corriente y alta resistencia, sus preocupaciones sobre la radiactividad han llevado a la industria a acelerar la transición a electrodos no radiactivos. En el futuro, con el mayor endurecimiento de las regulaciones ambientales y la madurez de las tecnologías de electrodos alternativas, los electrodos de tungsteno y torio pueden limitarse gradualmente a escenarios específicos de alta demanda (como la industria nuclear y aeroespacial), mientras que los electrodos no radiactivos dominarán más campos.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal



ELECTRODO CTIA GROUP LTD WT20

Capítulo 6 Equipo de producción para electrodo de tungsteno y torio

La preparación de electrodos de tungsteno y torio implica múltiples pasos de proceso complejos, desde el manejo de la materia prima hasta el procesamiento del producto terminado, cada uno de los cuales requiere un equipo especial de alta precisión y alta confiabilidad para garantizar el rendimiento y la calidad del electrodo. Al mismo tiempo, debido a las trazas de radiactividad del óxido de torio (ThO_2), los equipos de producción también deben estar equipados con estrictos sistemas de protección y detección para proteger a los operadores y al medio ambiente. Este capítulo discutirá en detalle el equipo de manejo de materias primas, el equipo de pulvimetalurgia, el equipo de moldeo y procesamiento, el equipo de protección radiactiva y el equipo de prueba utilizado en la producción de electrodos de tungsteno de torio.

6.1 Equipo de procesamiento de materias primas para electrodos de tungsteno y torio

El procesamiento de la materia prima es el primer paso en la producción de electrodos de tungsteno y torio, que implica la molienda y el tamizado del polvo de tungsteno y el proceso de dopaje del óxido de torio. El equipo especial debe garantizar una alta pureza, un tamaño de partícula uniforme y una proporción precisa de las materias primas, al tiempo que controla la difusión del polvo radiactivo.

6.1.1 Equipos de molienda y cribado de polvo de volframio

El polvo de tungsteno es la principal materia prima del electrodo de tungsteno de torio, y su tamaño de partícula, pureza y morfología afectan directamente la densidad y el rendimiento de soldadura del electrodo. El equipo de molienda y cribado se utiliza para preparar polvo de tungsteno de alta pureza con un tamaño de partícula uniforme.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Equipos de molienda

Tipo de equipo: molino de bolas planetario o molino de chorro

Función: Muela polvo de tungsteno crudo (tamaño de partícula 10-50 μm) hasta polvo fino (1-10 μm) para mejorar la fluidez y la densidad aparente del polvo.

Parámetros clave:

Velocidad: 200-600 rpm

Medio de molienda: bolas de circonio o carburo (2-10 mm de diámetro)

Tiempo de molienda: 4-12 horas

Atmósfera: Gas inerte (por ejemplo, argón) o vacío para evitar la oxidación

Características: El molino de bolas planetario tiene una alta eficiencia y una capacidad de molienda uniforme, y está equipado con un sistema de enfriamiento para controlar la temperatura y evitar que el polvo de tungsteno se sobrecaliente y se oxide. El molino de chorro logra una molienda libre de contaminación a través de la colisión del flujo de aire a alta velocidad, que es adecuada para requisitos de alta pureza.

Modelos típicos: Fritsch Pulverisette 5 (molino planetario de bolas), Hosokawa Alpine AFG (molino de chorro)

Requisitos de mantenimiento: Limpie regularmente el frasco de molienda y los medios, verifique la estanqueidad y evite la contaminación por impurezas.

Equipos de cribado

Tipo de equipo: criba vibratoria o máquina de cribado ultrasónico

Función: El polvo de tungsteno molido se clasifica de acuerdo con el tamaño de partícula y se tamiza el rango de tamaño de partícula que cumple con los requisitos (D50 es de aproximadamente 2-5 μm).

Parámetros clave:

Tamaño de poro de la malla: 1-10 μm

Frecuencia de vibración: 20-50 Hz

Tiempo de tamizado: 10-30 minutos

Características: La máquina de cribado ultrasónico evita que el polvo fino obstruya la pantalla a través de la vibración de alta frecuencia y mejora la eficiencia del cribado. El equipo debe estar equipado con una cubierta hermética para evitar fugas de polvo.

Modelos típicos: Russell Finex Compact Tamiz, Retsch AS 200

Requisitos de mantenimiento: Reemplace la criba con regularidad y limpie la cámara de cribado para asegurarse de que no haya contaminación por polvo residual.

Medidas de protección

El proceso de molienda y cribado está equipado con un sistema de escape local y un filtro de alta eficiencia (HEPA) para atrapar el polvo de tungsteno y evitar el riesgo de inhalación. Los operadores deben usar máscaras contra el polvo y guantes protectores, y el área de trabajo debe limpiarse regularmente.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO_2). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8–1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7–2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8–3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8–4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. 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

6.1.2 Equipos de dopaje con óxido de torio

El óxido de torio (ThO_2) es un dopante clave de los electrodos de tungsteno y torio, y su distribución uniforme es crucial para el trabajo de electrones y la estabilidad del arco de los electrodos. El equipo de dopaje debe garantizar la proporción y la mezcla precisas de polvo de tungsteno y óxido de torio, así como el control del polvo radiactivo.

Tipo de dispositivo

Mezclador en seco: mezclador tipo V o mezclador tridimensional

Mezcladores húmedos: molinos planetarios de bolas o molinos de bolas agitados

Equipos de coprecipitación química: reactores y centrífugas (para producción de alta gama)

Mezclador de proceso seco

Función: El polvo de tungsteno y el polvo de óxido de torio (tamaño de partícula de 0,5-2 μm) se mezclan uniformemente con una proporción precisa de $\pm 0,01\%$.

Parámetros clave:

Velocidad: 50-200 rpm

Tiempo de mezcla: 4-8 horas

Aglutinante: Alcohol polivinílico (PVA, 0,5-1%)

Características: El mezclador tipo V logra una mezcla eficiente a través de una cámara de doble cono, y el mezclador tridimensional mejora la uniformidad a través del movimiento de múltiples ejes. El equipo está revestido con acero inoxidable o cerámica para evitar la contaminación.

Modelos típicos: Hosokawa Nauta Mixer, WAB Turbula T2F

Medidas de protección: El equipo debe estar equipado con una cubierta cerrada y un sistema de escape de presión negativa para evitar la propagación del polvo de óxido de torio. Los operadores deben usar ropa protectora y mascarillas.

Mezclador húmedo

Función: El polvo de tungsteno y el óxido de torio se mezclan en agua desionizada o medio de etanol para mejorar la uniformidad, seguido de un secado para preparar el polvo dopado.

Parámetros clave:

Velocidad: 100-300 rpm

Medio de molienda: bolas de circonio

Tiempo de mezcla: 6-12 horas

Temperatura de secado: 100-150°C (vacío o atmósfera inerte)

Características: La mezcla húmeda reduce el vuelo de polvo, adecuado para el dopaje de alta precisión. El equipo de secado debe estar equipado con un sistema de recuperación de condensación para evitar la descarga de solventes.

Modelos típicos: Netzsch PMH/PML, Fritsch Pulverisette 7

Medidas de protección: El molino de bolas debe funcionar de manera cerrada y el líquido residual debe tratarse mediante precipitación y filtración para evitar la fuga de compuestos de torio.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Equipos de coprecipitación química

Función: Preparación de polvo dopado homogéneo a nivel atómico por coprecipitación de solución de tungstato y nitrato de torio, adecuado para electrodos de alta gama.

Parámetros clave:

Temperatura de reacción: 60-80°C

pH: 7-9

Velocidad centrífuga: 5000-10000 rpm

Características: El reactor está equipado con un sistema de agitación y control de temperatura, y la centrífuga realiza la separación sólido-líquido. El proceso es complejo pero extremadamente homogéneo.

Modelos típicos: IKA RW 20 (reactor), Beckman Coulter Avanti J-26

Medidas de protección: Las aguas residuales deben tratarse mediante intercambio iónico y los gases de escape del reactor deben descargarse a través del filtro de carbón activado.

6.2 Equipos de pulvimetalurgia para electrodos de torio y tungsteno

La pulvimetalurgia es el proceso central de la preparación de electrodos de tungsteno y torio, que implica pasos de mezcla, prensado y sinterización para transformar el polvo dopado en un cuerpo de electrodo altamente denso. El equipo debe ser muy preciso y consistente.

6.2.1 Mezcladores

Función: El polvo de tungsteno, el óxido de torio y el aglutinante se mezclan homogéneamente para proporcionar materias primas de alta calidad para el prensado.

Tipo de equipo: mezclador tipo V, mezclador tridimensional, mezclador de doble cono

Parámetros clave:

Volumen: 5-100 L

Velocidad: 50-150 rpm

Tiempo de mezcla: 4-8 horas

Características: El mezclador debe estar equipado con regulación de velocidad de conversión de frecuencia y función de temporización, y está revestido con cerámica resistente al desgaste o acero inoxidable para evitar la contaminación. Algunos modelos de gama alta admiten el monitoreo en línea del tamaño de partícula.

Modelos típicos: Hosokawa Micron Vrieco-Nauta, Shuanglong V-500

Requisitos de mantenimiento: Inspeccione regularmente los sellos, limpie la cavidad interna y evite la contaminación cruzada.

Medidas de protección: Equipado con una campana hermética y un filtro HEPA, el área de operación debe estar aislada para evitar la propagación de polvo radiactivo.

6.2.2 Prensas

Función: El polvo mezclado se presiona en una palanquilla primaria (varilla o placa) para proporcionar la base para la sinterización.

Tipo de equipo: prensa isostática en frío (CIP), máquina de moldeo hidráulico

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Parámetros clave:

Presión: 100-200 MPa

Tiempo de espera: 1-3 minutos

Material del molde: carburo de tungsteno o acero inoxidable

Características: La prensa isostática en frío aplica una presión uniforme a través del medio líquido y la densidad de la pieza en bruto primaria alcanza el 60-70%. La máquina de moldeo hidráulico es adecuada para la producción de lotes pequeños y tiene un costo menor.

Modelos típicos: EPSI CIP 400, Dorst TPA 50

Requisitos de mantenimiento: Revise regularmente el sistema hidráulico y el desgaste del molde para asegurarse de que la presión sea estable.

Medidas de protección: La prensa debe estar equipada con una cubierta antipolvo y el operador debe usar guantes protectores.

6.2.3 Horno de sinterización a alta temperatura

Función: Densificación del blanco primario a través de un tratamiento a alta temperatura para formar un cuerpo de electrodo de alta densidad.

Tipo de equipo: horno de sinterización por resistencia, horno de sinterización por inducción, horno de sinterización al vacío

Parámetros clave:

Temperatura: 2000-2800°C

Atmósfera: Hidrógeno (pureza > 99,999%) o vacío (10^{-4} Pa).

Mantener caliente: 2-4 horas

Velocidad de enfriamiento: 10-20 °C/min

Características: El horno de sinterización por resistencia es adecuado para la producción en masa, la velocidad de calentamiento del horno de sinterización por inducción es rápida, el horno de sinterización al vacío es adecuado para electrodos de alta gama. El material del horno es molibdeno o grafito, que es resistente a las altas temperaturas.

Modelos típicos: Nabertherm, HTK, ALD, Vacuum Technologies, VIM

Requisitos de mantenimiento: Verifique regularmente la estanqueidad del horno y los elementos calefactores, y limpie los residuos.

Medidas de protección: El horno de sinterización debe estar equipado con un sistema de tratamiento de gases de escape para evitar fugas de hidrógeno o volatilización de compuestos de torio.

6.3 Equipo de formación y procesamiento de electrodos de tungsteno y torio

Los equipos de formación y procesamiento se utilizan para procesar cuerpos sinterizados en varillas de electrodos que cumplen con las especificaciones, lo que garantiza la precisión dimensional y la calidad de la superficie.

6.3.1 Calendarios

Función: Mecanizado del cuerpo sinterizado hasta el diámetro requerido (0,5-10 mm) mediante laminación en caliente o en frío de varias pasadas.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Tipo de equipo: calandra de varios rodillos, máquina de forja rotativa

Parámetros clave:

Temperatura: 1400-1800°C (calandrado en caliente)

Velocidad de calandrado: 0,5-2 m/min

Deformación: 10-20%/pasada

Características: La calandra multirodillo está equipada con moldes de precisión y un sistema de calentamiento para garantizar una tolerancia de diámetro de $\pm 0,05$ mm. La máquina de forja rotativa es adecuada para electrodos de diámetro pequeño y tiene una alta eficiencia.

Modelos típicos: SMS Group 4-Hi Mill, Daniel & C. Swaging Machine

Requisitos de mantenimiento: Verifique regularmente el desgaste de la superficie del rodillo y el sistema de calefacción, lubrique las piezas de la transmisión.

Medidas de protección: La calandra debe estar equipada con una cubierta protectora de alta temperatura para evitar que el operador se queme.

6.3.2 Equipos de esmerilado y pulido

Función: Mejorar la calidad de la superficie del electrodo mediante esmerilado grueso, esmerilado fino y pulido con una rugosidad de Ra 0,2-0,4 μ m.

Tipo de equipo: amoladora sin centros, pulidora especial

Parámetros clave:

Tamaño de la muela abrasiva: malla 80-400

Velocidad: 2000-5000 rpm

Método de enfriamiento: enfriamiento por agua

Características: La rectificadora sin centros realiza una molienda continua y de alta eficiencia; La máquina pulidora utiliza pasta de pulido de diamante y ruedas de tela para lograr un efecto espejo.

Modelos típicos: Glebar GT-610, Struers Tegramin

Requisitos de mantenimiento: Reemplace la muela abrasiva y el paño de pulido con regularidad y verifique el sistema de enfriamiento.

Medidas de protección: Equipado con una cubierta cerrada y un eficiente sistema de eliminación de polvo para evitar la propagación del polvo de torio.

6.4 Equipos de radioprotección para electrodos de torio y tungsteno

La radiactividad traza del óxido de torio (torio-232) requiere que los equipos de producción estén equipados con sistemas de protección especiales para reducir los riesgos para la salud y el medio ambiente.

6.4.1 Amoladora especial y sistema de eliminación de polvo

Función: Recoge el polvo radiactivo al moler los electrodos para evitar la inhalación o difusión.

Tipo de equipo: molinillo cerrado, colector de polvo de alta eficiencia

Parámetros clave:

Material de la muela abrasiva: diamante

Eficiencia de recolección de polvo: >99.9% (filtro HEPA)

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Caudal de aire: 500-1000 m³/h

Características: El molinillo está equipado con una cubierta protectora transparente y un puerto de succión de presión negativa, y el colector de polvo utiliza filtración de múltiples etapas (filtración gruesa + HEPA).

Modelos típicos: Weldcraft Dedicated Grinder, Donaldson Torit DFO

Requisitos de mantenimiento: Reemplace el filtro con regularidad y limpie el tubo de vacío.

Medidas de protección: Los operadores deben usar máscaras contra el polvo, y el polvo debe sellarse y almacenarse.

6.4.2 Recintos y equipos de ventilación

Función: Aísla el polvo radiactivo y mantiene limpio el entorno de trabajo.

Tipo de equipamiento: campana extractora local, sistema de ventilación central

Parámetros clave:

Velocidad del viento: 0,5-1 m/s

Eficiencia de filtración: >99.9%

Ruido: <70 dB

Características: La contención cubre equipos de mezcla, molienda y sinterización, sistema de ventilación con carbón activado y filtros HEPA.

Modelos típicos: Extractor de humos Nederman, Camfil APC Farr Gold Series

Requisitos de mantenimiento: Compruebe regularmente la estanqueidad del conducto de aire y la saturación del filtro.

Medidas de protección: El sistema de ventilación debe comprobar regularmente la actividad de los gases de escape para asegurarse de que cumple con la norma.

6.4.3 Equipos de eliminación de residuos radiactivos

Función: Tratamiento de residuos radiactivos (polvo, aguas residuales, residuos sólidos) en la producción.

Tipo de equipo: Sistema de tratamiento de aguas residuales, equipo de solidificación, contenedor de almacenamiento sellado

Parámetros clave:

Actividad de aguas residuales: <0,1 Bq/L (después del tratamiento)

Material de curado: cemento o resina

Recipiente de almacenamiento: acero inoxidable, espesor > 2 mm

Características: El sistema de tratamiento de aguas residuales elimina los compuestos de torio a través de la sedimentación, la filtración y el intercambio iónico; El equipo de curado mezcla el polvo en la matriz de cemento; Los recipientes de almacenamiento están marcados con una advertencia radiactiva.

Modelos típicos: Veolia Water Technologies RO, Orano Waste Containers

Requisitos de mantenimiento: Verifique regularmente la descarga de aguas residuales y la resistencia a la solidificación, y actualice los registros de almacenamiento.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Medidas de protección: La eliminación de residuos debe llevarse a cabo en una zona segregada y los operadores deben estar capacitados en protección radiológica.

6.5 Equipo de prueba para electrodo de tungsteno de torio

Los equipos de prueba se utilizan para monitorear la calidad de los electrodos y los niveles de radiactividad para garantizar que los productos cumplan con estándares como ISO 6848:2015 y requisitos de seguridad.

6.5.1 Detector de tasa de dosis de radiación X-γ

Función: Mida las tasas de dosis de rayos X y γ en el entorno de producción y en la superficie del electrodo.

Tipo de dispositivo: Dosímetro de radiación portátil

Parámetros clave:

Rango de medición: 0,01-100 μSv/h

Precisión: ±5%

Detector: tubo de contador GM o cristal de NaI

Características: Visualización en tiempo real de la tasa de dosis, registro de datos de soporte, adecuado para la inspección en taller.

Modelos típicos: RadEye PRD (Thermo Scientific), AT1123 (Atomtex)

Requisitos de mantenimiento: Calibración periódica (una vez al año) para comprobar la sensibilidad del detector.

Escenario de uso: Detección de niveles de radiación en áreas de mezcla, molienda y almacenamiento para asegurar < 0,1 μSv/h.

6.5.2 α, β detector de contaminación superficial

Función: Mida α, β la contaminación por partículas en la superficie del electrodo y en la superficie del dispositivo.

Tipo de dispositivo: Medidor portátil de contaminación de superficies

Parámetros clave:

Rango de medición: 0,1-1000 Bq/cm²

Eficiencia de detección: >30% (a), >40% (b)

Detector: centelleador de ZnS o tubo de conteo proporcional de gas

Características: Alta sensibilidad, adecuada para detectar trazas de contaminación por torio-232, lo que permite un escaneo rápido.

Modelos típicos: Ludlum Modelo 43-93, XH-3206 (China Nuclear Instruments)

Requisitos de mantenimiento: Calibrar regularmente y comprobar la integridad de la ventana del detector.

Escenario de uso: Detección de contaminación de superficies de electrodos, paredes de equipos y contenedores de residuos después de la molienda.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal



Electrodo CTIA GROUP LTD WT10

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

Como material clave para la soldadura con protección de gas inerte de tungsteno (soldadura TIG) y la soldadura por plasma, la producción y el uso de electrodos de tungsteno y torio están sujetos a estrictas normas internacionales y nacionales. Estas normas abarcan la clasificación de los electrodos, los requisitos de rendimiento, el control de calidad y la gestión de la seguridad radiológica, garantizando su coherencia y seguridad en aplicaciones industriales. Dado que el electrodo de tungsteno y torio contiene trazas de óxido de torio radiactivo (ThO_2), las normas pertinentes también incluyen requisitos específicos para la protección radiológica y la gestión medioambiental. En este capítulo se analizarán en detalle las normas internacionales y nacionales para los electrodos de tungsteno y torio, así como las normas de seguridad radiológica.

7.1 Normas internacionales para electrodos de torio y tungsteno

La norma internacional proporciona una especificación técnica unificada para la producción, clasificación y uso de electrodos de tungsteno y torio, que se utilizan ampliamente en la industria mundial de la soldadura. Las principales normas internacionales incluyen ISO 6848:2015, AWS A5.12/A5.12M y EN 26848, que especifican en detalle la composición química, las propiedades físicas, las especificaciones dimensionales y los métodos de identificación de los electrodos de tungsteno de torio.

7.1.1 ISO 6848:2015 (Clasificación y requisitos para electrodos de tungsteno)

ISO 6848:2015 "Soldadura y corte por arco — Electrodos de tungsteno no consumibles — Clasificación" es una norma de clasificación para electrodos de tungsteno desarrollada por la Organización Internacional de Normalización (ISO) para electrodos de tungsteno no consumibles, incluidos los electrodos de tungsteno de torio, en soldadura TIG y soldadura por plasma.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Contenido estándar

Clasificación: La norma divide los electrodos de tungsteno de torio en cuatro tipos según el contenido de óxido de torio (ThO_2):

WT10: 0,8-1,2% ThO_2 , amarillo aplicado

WT20: 1,7-2,2% ThO_2 , aplicador rojo

WT30: 2.8-3.2% ThO_2 , recubrimiento púrpura

WT40: 3,8-4,2% ThO_2 , aplicador amarillo anaranjado

Composición química: La pureza de la matriz de tungsteno $\geq 99,5\%$ y el contenido total de impurezas (como Fe, Ni, C) $< 0,05\%$. El contenido de óxido de torio debe controlarse con precisión y la desviación es $\pm 0,1\%$.

Dimensiones: Rango de diámetro del electrodo de 0,5-10 mm, tolerancia $\pm 0,05$ mm; Las longitudes suelen ser de 50 mm, 75 mm, 150 mm o 175 mm con tolerancias ± 1 mm.

Calidad de la superficie: La superficie del electrodo debe ser lisa, libre de grietas, óxidos o aceites, y la rugosidad debe ser de $Ra \leq 0,4 \mu\text{m}$.

Requisitos de rendimiento: El electrodo debe cumplir con los requisitos específicos de estabilidad del arco, rendimiento de iniciación del arco y tasa de quemado. Por ejemplo, el WT20 necesita mantener un arco estable a 100-300 A con una tasa de quemado de $< 0,1$ mm/h.

Etiquetado: La parte superior del electrodo debe estar codificada por colores (por ejemplo, rojo para WT20) y la información del modelo, lote y fabricante debe indicarse en el embalaje.

Ámbito de aplicación

La norma ISO 6848:2015 se aplica a la industria mundial de la soldadura y es la base para el comercio internacional y la certificación de calidad. La norma también clasifica los electrodos no radiactivos (por ejemplo, tungsteno de cerio, tungsteno de lantano), lo que refleja la tendencia hacia la sustitución de los electrodos de tungsteno de torio.

Características y significado

Uniformidad: Proporcionar una clasificación unificada y un estándar de rendimiento para los fabricantes y usuarios globales de electrodos de tungsteno y torio, lo cual es conveniente para el control de calidad y el comercio internacional.

Seguridad: La norma menciona el riesgo radiactivo del óxido de torio y recomienda medidas de protección durante la producción y el uso, como sistemas de ventilación y dispositivos de recolección de polvo.

Actualización: La edición de 2015 actualiza la edición de 1992 con requisitos adicionales para la protección del medio ambiente y la protección radiológica, lo que refleja la tendencia de desarrollo de los electrodos no radiactivos.

Requisitos de implementación

Los fabricantes deben pasar la auditoría del organismo de certificación ISO para garantizar que el proceso de producción y la calidad del producto cumplan con los estándares. Los métodos de detección incluyen espectroscopia de fluorescencia de rayos X (XRF), análisis de composiciones, medición del diámetro con láser para la detección de tamaño y microscopía metalográfica para la

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

microestructura.

7.1.2 AWS A5.12/A5.12M (Especificación de electrodos de tungsteno del Instituto Americano de Soldadura)

AWS A5.12 / A5.12M: 2009 "Especificación para electrodos de tungsteno y tungsteno disperso para soldadura y corte por arco" es una especificación de electrodo de tungsteno desarrollada por la Sociedad Americana de Soldadura (AWS) y ampliamente utilizada en la industria de la soldadura en América del Norte y otras regiones.

Contenido estándar

Clasificación: Al igual que ISO 6848, los electrodos de tungsteno y torio se dividen en WT10, WT20, WT30 y WT40, y el etiquetado de color es consistente.

Composición química: Contenido especificado de óxido de torio (0,8-4,2%) y límites de impurezas (por ejemplo, O<0,02%, Fe <0,01%). Se requiere que la pureza del polvo de tungsteno sea $\geq 99.95\%$.

Propiedades físicas: El electrodo debe cumplir con una conductividad específica ($>30\%$ IACS) y dureza (350-450 HV). La velocidad de combustión debe ser de $< 0,08$ mm/h a 200 A.

Dimensiones y tolerancias: Diámetro 0,5-6,4 mm, Tolerancia $\pm 0,03$ mm; Longitud 75-300 mm con $\pm$ tolerancia de 1,5 mm.

Métodos de ensayo: incluyendo análisis químico (ICP-OES), ensayo de estabilidad del arco (realizado bajo protección de argón) e inspección de calidad de la superficie (observación microscópica).

Advertencia radiactiva: La norma exige claramente que el riesgo radiactivo del óxido de torio esté marcado en el embalaje y las instrucciones, y se recomiendan equipos especiales de molienda y medidas de protección.

Ámbito de aplicación

AWS A5.12 es adecuado para soldadura TIG, soldadura por plasma y corte por arco, especialmente en las industrias aeroespacial, automotriz y petroquímica. Esta norma es ampliamente seguida por los fabricantes y usuarios de equipos de soldadura en los Estados Unidos y Canadá.

Características y significado

Detalle: La norma proporciona métodos de prueba detallados e indicadores de rendimiento, como el voltaje de inicio del arco (<15 V) y la tasa de quemado, adecuados para aplicaciones industriales.

Seguridad: Se recomienda hacer hincapié en la protección radiológica, el uso de molinos cerrados y filtros de alta eficiencia para reducir la exposición al polvo de torio.

Compatibilidad: Altamente compatible con ISO 6848 para una fácil coordinación en mercados internacionales.

Requisitos de implementación

Los fabricantes deben estar certificados por AWS y los equipos de prueba deben cumplir con las normas ASTM (por ejemplo, ASTM E1476). Los usuarios deben calibrar su equipo de soldadura con regularidad para asegurarse de que el rendimiento del electrodo cumpla con las especificaciones.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO_2). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8–1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7–2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8–3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8–4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. 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

7.1.3 EN 26848 (norma europea para electrodos de tungsteno)

EN 26848:1991 "Soldadura — Electrodo de tungsteno para soldadura por arco con protección de gas inerte y para soldadura por plasma" es un estándar de electrodos de tungsteno desarrollado por el Comité Europeo de Normalización (CEN) para la industria de la soldadura en los países de la UE.

Contenido estándar

Clasificación: De acuerdo con ISO 6848, los electrodos de tungsteno de torio se dividen en WT10, WT20, WT30 y WT40, y la marca de color es la misma.

Composición química: Los requisitos de contenido de óxido de torio son consistentes con la norma ISO 6848 y los límites de impurezas son más estrictos (por ejemplo, $C < 0.005\%$, $S < 0.002\%$).

Dimensiones: diámetro 0,5-10 mm, tolerancia $\pm 0,04$ mm; Longitud 50-300 mm, tolerancia ± 1 mm.

Requisitos de rendimiento: El electrodo debe pasar la prueba de estabilidad del arco (100-400 A) y la prueba de velocidad de combustión ($< 0,1$ mm/h). La rugosidad de la superficie es $Ra \leq 0,3 \mu m$.

Gestión radiológica: Exige el cumplimiento de la Directiva de protección radiológica de la UE (2013/59/Euratom) en la producción y el uso, incluido el control del polvo y la eliminación de residuos.

Ámbito de aplicación

La norma EN 26848 se aplica a la soldadura TIG y a la soldadura por plasma en los países de la UE, especialmente en la industria aeroespacial, nuclear y de construcción naval. Debido a la estricta regulación de materiales radiactivos en la Unión Europea, esta norma promueve la aplicación de electrodos no radiactivos como el lantano, el tungsteno y el cerio tungsteno.

Características y significado

Protección del medio ambiente: Énfasis en la protección radiactiva y la gestión de residuos, en consonancia con la normativa medioambiental de la UE.

Regional: Sirve principalmente al mercado europeo, es compatible con ISO 6848 y AWS A5.12, pero con un mayor enfoque en la protección del medio ambiente y la seguridad.

Limitaciones: La versión de 1991 es más antigua y no refleja completamente la tendencia de los electrodos no radiactivos.

Requisitos de implementación

Las empresas de la UE deben aprobar la certificación CE, y los talleres de producción deben estar equipados con equipos de control de radiación e instalaciones de tratamiento de residuos. Los usuarios deben cumplir con las normas locales de protección radiológica y comprobar regularmente el nivel de radiación del entorno de trabajo.

7.2 Normas nacionales para electrodos de torio y tungsteno

Como el mayor recurso de tungsteno del mundo y productor de electrodos de tungsteno de torio, China ha formulado una serie de normas nacionales que cubren el rendimiento, la calidad y la gestión de la seguridad radiactiva de los electrodos. Estas normas incluyen GB/T 4187-2017, GB 18871-2002 y Medidas para el Monitoreo de la Radiación Ambiental y la Divulgación de Información de las Empresas en el Desarrollo y Utilización de Minas Radiactivas Asociadas (para

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

la Implementación de Ensayos).

7.2.1 GB/T 4187-2017 (norma nacional para electrodos de tungsteno)

GB/T 4187-2017 "Electrodos de tungsteno para soldadura por arco de gas inerte de tungsteno y soldadura por plasma" es una norma nacional china, que estipula la clasificación, el rendimiento y los métodos de prueba de los electrodos de tungsteno, y es adecuada para soldadura TIG y soldadura por plasma.

Contenido estándar

Clasificación: Los electrodos de tungsteno de torio se dividen en WT10, WT20, WT30 y WT40, que cumplen con los estándares internacionales y tienen la misma marca de color.

Composición química: requisitos de contenido de óxido de torio: WT10 (0,8-1,2%), WT20 (1,7-2,2%), WT30 (2,8-3,2%), WT40 (3,8-4,2%). Pureza del tungsteno $\geq 99,95\%$, límites de impurezas (por ejemplo, $Fe < 0,01\%$, $O < 0,015\%$).

Dimensiones: diámetro 0,5-10 mm, tolerancia $\pm 0,05$ mm; Longitud 50-300 mm, tolerancia ± 1 mm.

Requisitos de rendimiento: El electrodo debe cumplir con los requisitos de voltaje de arranque del arco (< 15 V), estabilidad del arco (sin deriva a 100-400 A) y tasa de quemado ($< 0,1$ mm/h).

Métodos de inspección: incluyendo análisis químico (ICP-OES), medición dimensional (calibrador láser), inspección de calidad de superficies (microscopio) y pruebas de rendimiento de arco.

Identificación y embalaje: La parte del electrodo debe estar coloreada y el empaque debe estar marcado con el modelo, especificación, lote y advertencia radiactiva.

Ámbito de aplicación

GB/T 4187-2017 es el estándar básico para la industria de soldadura de China, que es ampliamente utilizada en la industria aeroespacial, petroquímica, nuclear y de construcción naval. El estándar admite el electrodo de exportación para cumplir con los requisitos del mercado internacional.

Características y significado

Localización: Combinado con las ventajas de los recursos de tungsteno de China, se optimizan los requisitos del proceso de producción y se reduce el costo.

Compatibilidad: Altamente consistente con ISO 6848 y AWS A5.12 para facilitar el comercio internacional.

Seguridad: Énfasis en la protección radiactiva, lo que requiere que las empresas de producción estén equipadas con instalaciones de recolección de polvo y eliminación de desechos.

Requisitos de implementación

El fabricante debe aprobar la certificación de calidad nacional (como CNAS) y el equipo de prueba debe cumplir con los requisitos de precisión especificados en la norma. El usuario necesita calibrar el equipo de soldadura con regularidad para garantizar el rendimiento de los electrodos.

7.2.2 GB 18871-2002 (Norma básica para la protección contra la radiación ionizante y la seguridad de las fuentes de radiación)

GB 18871-2002 "Norma básica para la protección contra la radiación ionizante y la seguridad de

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

las fuentes de radiación" es una norma nacional para la protección contra la radiación ionizante en China, que es aplicable a la producción y uso de materiales radiactivos, incluidos los electrodos de torio y tungsteno.

Contenido estándar

Principios de la protección radiológica: protección óptima, limitación de dosis y justificación. La dosis efectiva anual es necesaria < 1 mSv (público) y < 20 mSv (exposición ocupacional).

Monitoreo de radiación: El taller de producción debe estar equipado con un detector de tasa de dosis de radiación X- γ (rango de medición de 0,01-100 μ Sv/h) y un detector de contaminación superficial de α y β (rango de medición de 0,1-1000 Bq/cm²).

Gestión de residuos: Los residuos radiactivos (polvo, aguas residuales, electrodos de desecho) deben recogerse, solidificarse y almacenarse en una instalación específica con una concentración de actividad de < 1 Bq/g.

Medidas de protección: Los operadores deben usar ropa protectora y máscaras contra el polvo, y el área de trabajo debe estar equipada con sistemas de ventilación y eliminación de polvo.

Ámbito de aplicación

La norma se aplica a la producción, almacenamiento y uso de electrodos de tungsteno y torio, especialmente en la mezcla, molienda y eliminación de residuos. Las empresas están obligadas a comunicar periódicamente los datos de vigilancia radiológica a las autoridades de protección del medio ambiente.

Características y significado

Integral: Cubre todos los aspectos de la protección radiológica para garantizar la seguridad de los operadores y el medio ambiente.

Obligatoria: Al tratarse de una norma nacional obligatoria, las empresas deben cumplirla o enfrentarse a sanciones.

Orientación: Proporciona una orientación clara para la eliminación de residuos radiactivos y la configuración del equipo de protección.

Requisitos de implementación

Las empresas deben establecer un sistema de gestión de la seguridad radiológica y asignar profesionales que se encarguen de la supervisión y el registro. El departamento de protección del medio ambiente lleva a cabo inspecciones periódicas para garantizar que se cumplen los requisitos de la norma.

7.2.3 Medidas para la vigilancia de la radiación ambiental y la divulgación de información de las empresas para el desarrollo y la utilización de minerales radiactivos asociados (para la realización de ensayos)

Las Medidas para el Monitoreo de la Radiación Ambiental y la Divulgación de Información de las Empresas para el Desarrollo y la Utilización de Minerales Radiactivos Asociados (para la Implementación de Ensayos) (en adelante, las "Medidas") es una regulación formulada por el Ministerio de Protección Ambiental de la República Popular China para la gestión de materiales

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

radiactivos asociados, incluida la producción de electrodos de tungsteno de torio.

Contenido estándar

Requisitos de monitoreo: Las empresas deben monitorear la tasa de dosis X- γ ($<0,1 \mu\text{Sv/h}$) y la contaminación α y β de superficies ($<0,4 \text{ Bq/cm}^2$) en el entorno de producción. La actividad de las aguas residuales debe ser de $<0,1 \text{ Bq/L}$.

Divulgación de información: Las empresas están obligadas a presentar informes de seguimiento de la radiación al departamento de protección del medio ambiente cada año, y a divulgar los datos de tratamiento y emisión de residuos.

Eliminación de residuos: Los residuos radiactivos deben curarse (por ejemplo, el cemento) o enterrarse a gran profundidad para evitar la contaminación ambiental.

Instalaciones de protección: La nave de producción debe estar equipada con una campana hermética, un filtro HEPA y un depósito de residuos dedicado.

Ámbito de aplicación

Las Medidas se aplican a todas las actividades industriales relacionadas con el torio-232 en China, incluidos los fabricantes de electrodos de oro-tungsteno. Especialmente en el proceso de tratamiento de polvo y aguas residuales, existen requisitos estrictos.

Características y significado

Orientación a la protección del medio ambiente: Promover que las empresas adopten tecnología de producción verde y reduzcan la contaminación radiactiva.

Transparencia: Exigir la divulgación de información y mejorar el escrutinio público.

Regional: Combinado con las características de los recursos de tungsteno y la producción de electrodos de China, las medidas de protección se han refinado.

Requisitos de implementación

Las empresas deben establecer un sistema de monitoreo de radiación ambiental, equipado con equipos de prueba profesionales (como AT1123, XH-3206) y aceptar la inspección anual del departamento de protección ambiental. Las empresas que no cumplen con los requisitos deben rectificar o detener la producción.

7.3 Normas de seguridad radiactiva para electrodos de torio y tungsteno

La norma de seguridad contra la radiactividad para los electrodos de tungsteno de torio es principalmente para el torio-232 (Th-232) en el óxido de torio, y cubre la exención de las concentraciones de actividad, los requisitos de protección en la producción y el uso, y la gestión de residuos.

7.3.1 Concentración de actividad exenta de torio-232 (1 Bq/g)

El torio-232 es el principal radionúclido en el electrodo de tungsteno toriado con una vida media de aproximadamente 14 mil millones de años, liberando partículas α (4.01-4.08 MeV), así como pequeñas cantidades de β y γ rayos. Las normas internacionales y nacionales especifican las concentraciones de actividad exenta de torio-232.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Contenido estándar

Normas internacionales (Publicación 103 de la ICRP):

La concentración de actividad exenta de torio-232 es de 1 Bq/g, por debajo de la cual no se requiere supervisión especial.

Las concentraciones de actividad de WT10 (0,8-1,2% ThO₂) cercanas a 1 Bq/g están generalmente exentas; El WT40 (3,8-4,2% ThO₂) puede ser ligeramente superior al estándar de exención y debe gestionarse estrictamente.

Norma china (GB 18871-2002):

La concentración de actividad exenta fue consistente con ICRP, 1 Bq/g.

Las concentraciones de actividad de residuos de <1 Bq/g pueden tratarse como residuos ordinarios, de lo contrario, deben gestionarse como residuos radiactivos.

Método de detección: La concentración de actividad se midió utilizando un espectrómetro de γ de germanio de alta pureza o un contador de centelleo líquido con una precisión del $\pm 5\%$.

importancia

La exención del ajuste de concentración de actividad reduce el costo regulatorio de los electrodos de baja radiactividad (por ejemplo, WT10), pero requiere medidas más estrictas de protección y eliminación de desechos para los electrodos con alto contenido de óxido de torio (por ejemplo, WT40).

Requisitos de implementación

Los fabricantes deben comprobar periódicamente la actividad, la concentración de electrodos y residuos, registrar los datos y archivarlos. La frecuencia de las pruebas es del 5-10% de muestreo por lote, y los lotes no calificados deben reprocesarse.

7.3.2 Requisitos de protección en la producción y el uso

La producción y el uso de electrodos de tungsteno y torio implican mezcla, sinterización, esmerilado y soldadura, lo que puede producir polvo radiactivo o gases de escape, y se deben tomar estrictas medidas de protección.

Medidas de protección

Eslabones de producción:

Protección del equipo: Los mezcladores, hornos de sinterización y equipos de molienda deben estar equipados con campanas cerradas y filtros HEPA, y la eficiencia de captura es > del 99,9%.

Protección personal: Los operadores deben usar ropa protectora, máscaras contra el polvo y guantes, y recibir un control regular de la dosis de radiación (dosis efectiva < 1 mSv por año).

Monitoreo ambiental: El taller necesita instalar un detector de tasa de dosis de radiación X- γ y un detector de contaminación superficial α y β para monitorear el nivel de radiación en tiempo real.

Enlaces:

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Protección contra la molienda: Utilice una amoladora especial, equipada con un sistema de succión de polvo de presión negativa, para evitar la inhalación de polvo de torio.

Sistema de ventilación: La estación de soldadura debe estar equipada con una campana extractora local con una velocidad del viento de 0,5-1 m/s, y los gases de escape se tratan mediante carbón activado y filtros HEPA.

Especificaciones: Los soldadores están capacitados en seguridad radiológica y se inspeccionan regularmente para detectar la contaminación de la superficie del electrodo.

Base estándar

Internacional: La Publicación 103 de la ICRP y la Directiva de la UE 2013/59/Euratom exigen la producción y el uso de una tasa de dosis de radiación ambiental de $< 0,1 \mu\text{Sv/h}$ y una contaminación superficial $< 0,4 \text{ Bq/cm}^2$.

Doméstico: GB 18871-2002 tiene los mismos requisitos que las "Medidas", la actividad de aguas residuales es $< 0.1 \text{ Bq / L}$ y la emisión de gases de escape debe cumplir con los estándares de protección ambiental.

Requisitos de implementación

Las empresas deben desarrollar un sistema de gestión de la seguridad radiológica y asignar profesionales para que se encarguen de la supervisión y el registro. El equipo de protección debe calibrarse periódicamente y la eliminación de residuos debe cumplir los requisitos de las Medidas.



ELECTRODO CTIA GROUP LTD WT30

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Capítulo 8 Métodos de detección de electrodo de torio y tungsteno

El rendimiento de los electrodos de tungsteno y torio afecta directamente su rendimiento en aplicaciones industriales como la soldadura por arco de argón y tungsteno (soldadura TIG) y la soldadura por plasma, por lo que la detección de su composición química, propiedades físicas, nivel de radiactividad y rendimiento de soldadura es crucial. El método de detección debe garantizar que el electrodo cumpla con las normas internacionales y nacionales (por ejemplo, ISO 6848:2015, GB/T 4187-2017) y prestar atención al riesgo de radiactividad traza que plantea el óxido de torio (ThO_2). Este capítulo discutirá en detalle las pruebas de composición química, las pruebas de propiedades físicas, las pruebas de radiactividad, las pruebas de rendimiento de soldadura y los requisitos de calibración y equipos de prueba de los electrodos de tungsteno y torio.

8.1 Detección de la composición química de electrodos de torio y tungsteno

Las pruebas de composición química se utilizan para verificar el cumplimiento del contenido de óxido de torio y los elementos de impurezas en los electrodos de tungsteno y torio para garantizar que su rendimiento cumpla con los requisitos de la norma (por ejemplo, WT20 tiene un contenido de óxido de torio de 1,7-2,2%).

8.1.1 Análisis del contenido de óxido de torio

El óxido de torio (ThO_2) es el dopante clave de los electrodos de tungsteno de torio, y su contenido afecta directamente el trabajo de evolución electrónica y la estabilidad del arco. La detección precisa del contenido de óxido de torio es el núcleo del control de calidad.

Método de detección

Espectroscopia de fluorescencia de rayos X (XRF):

Principio: Los rayos X se utilizan para excitar los átomos de muestra, analizar el espectro de fluorescencia característico de su emisión y determinar el contenido de óxido de torio.

Dispositivo: Analizador XRF portátil o de sobremesa.

Pasos:

Muestreo: Se seleccionaron aleatoriamente 5-10 electrodos del lote de electrodos y se cortaron en secciones delgadas (1-2 mm de espesor).

Tratamiento de la superficie: Lavar la muestra con etanol para eliminar el aceite y los óxidos.

Detección: La muestra se coloca en el instrumento XRF, se establece el tiempo de análisis (30-60 segundos) y se registra la señal de torio (Th).

Análisis cuantitativo: El contenido de óxido de torio se calculó mediante curva de calibración con una precisión de $\pm 0.01\%$.

Ventajas: no destructivo, rápido, adecuado para la inspección de lotes.

Limitaciones: La precisión del análisis de elementos ligeros (como O) es baja y debe verificarse en combinación con otros métodos.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Espectroscopía de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES):

Principio: La muestra se disuelve y es excitada por plasma, y el espectro de emisión se analiza para determinar el contenido de torio.

Dispositivo: Instrumento ICP-OES.

Pasos:

Preparación de la muestra: La muestra de electrodo se disuelve en una solución de mezcla de ácido nítrico y ácido fluorhídrico (1:1) y se calienta hasta que se disuelve por completo.

Dilución: Diluir con agua desionizada hasta la concentración adecuada (1-10 ppm).

Detección: La solución se introduce en el ICP-OES y se determinan las líneas espectrales características del torio (por ejemplo, 401,91 nm).

Cuantitativo: Se utilizó la calibración con una solución estándar para calcular el contenido de óxido de torio con una precisión de $\pm 0,005\%$.

Ventajas: Alta precisión, adecuado para microanálisis.

Limitaciones: Destructividad de la muestra, operación compleja y alto costo.

Análisis de activación neutrónica (NAA):

Principio: Irradiar la muestra con neutrones, activar el torio-232 para generar radioisótopos y medir los rayos γ para determinar el contenido.

Equipamiento: reactor nuclear y espectrómetro γ .

Pasos:

Preparación de la muestra: Muestra de electrodo cortado (masa 0,1-1 g).

Irradiación: 1-2 horas en un reactor con un flujo de neutrones de 10^{13} n/cm²·s.

Mediciones: Los rayos de γ característicos (por ejemplo, 311,9 keV) del torio-232 se analizaron con un espectrómetro γ después del enfriamiento.

Cuantitativo: Calibrado por muestras estándar con una precisión del $\pm 0,01\%$.

Ventajas: Precisión extremadamente alta, adecuada para el análisis de trazas.

Limitaciones: El equipo es costoso, requiere el apoyo de instalaciones nucleares y solo se utiliza para investigación científica o pruebas de alto nivel.

Requisitos estándar:

De acuerdo con las normas ISO 6848:2015 y GB/T 4187-2017, el contenido de óxido de torio debe controlarse dentro del rango especificado (por ejemplo, 1,7-2,2% para WT20) con una desviación del $\pm 0,1\%$.

Frecuencia de detección: 5-10% de muestreo por lote, no menos de 3 electrodos.

Precauciones

Las muestras deben ser homogéneamente representativas del lote para evitar que la segregación afecte a los resultados.

El equipo de prueba debe calibrarse regularmente para garantizar la precisión utilizando muestras

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

estándar como NIST SRM 610.

El entorno de prueba debe ser a prueba de polvo y el operador debe usar equipo de protección para evitar la inhalación de polvo radiactivo.

8.1.2 Detección del contenido de impurezas

Las impurezas (como Fe, Ni, O, C) afectarán la conductividad, las propiedades mecánicas y la estabilidad de la soldadura de los electrodos de tungsteno y torio, y su contenido debe controlarse estrictamente.

Método de detección

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

Principio: La muestra se disuelve e ioniza por plasma, y la espectrometría de masas iónica se analiza para determinar el contenido de elementos de impurezas.

Dispositivo: Instrumento ICP-MS.

Pasos:

Preparación de la muestra: Igual que ICP-OES, disuelta en una solución mixta de ácido nítrico y ácido fluorhídrico.

Dilución: Diluir a 0,1-1 ppm y añadir un patrón interno (por ejemplo, indio).

Detección: Determinación de iones característicos de Fe, Ni, O, C y otros elementos (como Fe^{56} , Ni^{60}).

Cuantitativo: Calibrado con solución estándar multielemento con un límite de detección del $<0,001\%$.

Ventajas: Alta sensibilidad, análisis simultáneo de múltiples elementos.

Limitaciones: Muestra destructiva y costosa.

Espectrometría de masas de descarga incandescente (GD-MS):

Principio: La espectrometría de masas iónica se analiza atomizando la superficie de la muestra mediante descarga incandescente.

Dispositivo: Instrumento GD-MS.

Pasos:

Preparación de la muestra: Cortar el electrodo y pulir a $Ra < 0,4 \mu\text{m}$.

Detección: Coloque la muestra en la cámara de descarga incandescente y ajuste el voltaje de descarga (800-1000 V).

Análisis: Determine la intensidad de la señal de los elementos de impurezas y analícelos cuantitativamente.

Ventajas: Semi-no destructivo, adecuado para el análisis de superficies.

Limitaciones: Equipo costoso y profundidad de análisis limitada.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Analizadores de oxígeno y nitrógeno:

Principio: El contenido de oxígeno y nitrógeno liberado se mide derritiendo la muestra a altas temperaturas.

Equipo: Analizador de oxígeno y nitrógeno.

Pasos:

Preparación de la muestra: Cortar el electrodo en trozos pequeños (0,1-0,5 g).

Detección: Calentado a 2500 °C en una atmósfera de helio, se analiza el gas liberado.

Cuantitativo: Calibrado por gas estándar, precisión $\pm 0,002\%$.

Ventajas: Dedicado al análisis de oxígeno y nitrógeno, fácil de operar.

Limitaciones: Limitado a elementos gaseosos.

Requisitos estándar:

Según GB/T 4187-2017, los límites de impurezas son: Fe<0,01%, Ni<0,005%, O<0,015%, C<0,005%.

Frecuencia de prueba: 5% de muestreo por lote, centrándose en la detección de impurezas clave.

Precauciones

Las muestras deben limpiarse para evitar la contaminación de la superficie.

El equipo de prueba debe calibrarse regularmente y utilizar muestras estándar de tungsteno de alta pureza.

Los registros de las pruebas deben archivar para facilitar la trazabilidad de la calidad.

8.2 Pruebas de las propiedades físicas de los electrodos de torio y tungsteno

Las pruebas de propiedades físicas se utilizan para evaluar la densidad, la dureza y la estructura de grano de los electrodos de torio y tungsteno para garantizar que sus propiedades mecánicas y propiedades de soldadura cumplan con los requisitos.

8.2.1 Ensayos de densidad y dureza

Prueba de densidad

Objetivo: Verificar la densidad del electrodo y asegurar la calidad de la sinterización (densidad teórica de 19,25 g/cm³).

Método: Método de Arquímedes

Equipamiento: Balanza electrónica de precisión (precisión $\pm 0,001$ g) y densímetro.

Pasos:

Pesaje: Medición del peso seco del electrodo (m_1).

Inmersión: El electrodo se sumerge en agua desionizada y se mide el peso húmedo (m_2) y el peso suspendido (m_3).

Cálculo: Densidad $\rho = m_1 / (m_1 - m_3) \times \rho_0$ (ρ_0 es la densidad del agua, 1 g/cm³).

Requisitos estándar: densidad 18,5-19,0 g/cm³ (95-98% de densidad teórica).

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Ventajas: Simple, preciso.

Limitaciones: Solo apto para muestras de forma regular.

Ensayo de dureza

Propósito: Evaluar la resistencia mecánica del electrodo y prevenir fracturas durante la soldadura.

Método: Ensayo de dureza Vickers

Dispositivo: Durómetro Vickers.

Pasos:

Preparación de la muestra: Corte el electrodo y pula a $Ra < 0,2 \mu m$.

Prueba: Aplique una carga de 5-10 kgf, mantenga presionada durante 15 segundos, mida la longitud diagonal de la indentación.

Cálculo: La dureza (HV) se calcula en función del área de indentación.

Requisitos estándar: dureza 350-450 HV.

Ventajas: alta precisión, adecuado para materiales duros.

Limitaciones: La muestra debe destruirse y los puntos de prueba deben distribuirse uniformemente.

Precauciones

El agua desionizada se utiliza para las pruebas de densidad para evitar que las burbujas de aire afecten a los resultados.

La prueba de dureza implica seleccionar múltiples puntos de prueba, con el valor promedio que representa la dureza de la muestra.

Frecuencia de prueba: 3-5 muestras por lote, se prueban al menos 3 ubicaciones.

8.2.2 Análisis de la estructura del grano

La estructura del grano afecta las propiedades mecánicas y la estabilidad del arco del electrodo y debe analizarse mediante técnicas de microscopía y rayos X.

Método de detección

Microscopio metalúrgico:

Principio: Observe la morfología del grano y la distribución del óxido de torio de la sección transversal del electrodo mediante un microscopio óptico.

Dispositivo: Microscopio metalúrgico.

Pasos:

Preparación de la muestra: Electrodo de corte, pulido y corrosión con ácidos (por ejemplo, ácido nítrico-fluorhídrico).

Observación: Aumento de 100-1000x para analizar el tamaño de grano y la distribución de partículas de óxido de torio.

Medición: Calcule el tamaño de grano ($10-50 \mu m$) utilizando un software de análisis de imágenes como ImageJ.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Ventajas: Intuitivo y adecuado para un análisis rápido.

Limitaciones: Las muestras deben destruirse y la profundidad del análisis es limitada.

Microscopía electrónica de barrido (SEM-EDS):

Principio: La muestra se escanea mediante un haz de electrones y la distribución de las partículas de óxido de torio se analiza mediante espectroscopia de energía.

Dispositivo: Instrumento SEM-EDS.

Pasos:

Preparación de muestras: Corte, pulido y enchapado de capas conductoras de carbono u oro.

Escaneo: Ajuste el voltaje de aceleración (15-20 kV) y observe los granos y las partículas de óxido de torio (0,5-2 μm).

Análisis: Análisis cuantitativo de la distribución del torio por EDS.

Ventajas: Alta resolución, análisis de microestructuras.

Limitaciones: El equipo es caro y la operación es compleja.

Difracción de rayos X (XRD):

Principio: Analizar la estructura cristalina y la orientación del grano de una muestra.

Dispositivo: instrumento XRD (por ejemplo, Bruker D8 Advance).

Pasos:

Preparación de la muestra: Cortar el electrodo y pulirlo hasta obtener una superficie plana.

Detección: se establece el rayo $\text{Cu K}\alpha$ y el ángulo de escaneo es de 2θ (20° - 80°).

Análisis: Determinación de las fases de tungsteno y óxido de torio por posición de pico e intensidad, cálculo del tamaño de grano (fórmula de Scherrer).

Ventajas: No destructivo, se puede analizar la estructura cristalina.

Limitaciones: Baja precisión para el análisis de granos finos.

Requisitos estándar:

Tamaño de grano: 10-50 μm , las partículas de óxido de torio se distribuyen uniformemente sin aglomeración.

Frecuencia de detección: se analizan 3 muestras por lote, sección transversal y sección longitudinal.

Precauciones

La preparación de la muestra debe evitar la introducción de defectos artificiales.

Los análisis SEM y XRD deben combinarse con los resultados de la microscopía metalúrgica para garantizar la coherencia de los datos.

Se requiere que los operadores usen equipo de protección para evitar la exposición al polvo radiactivo.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO_2). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8–1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7–2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8–3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8–4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. 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

8.3 Detección de radiactividad de electrodos de torio y tungsteno

Dado que el óxido de torio contiene torio-232 (vida media de 14 mil millones de años, emitiendo rayos α , β y γ), el nivel de radiactividad del electrodo y el entorno de producción deben probarse rigurosamente para garantizar el cumplimiento de las normas internacionales y nacionales (por ejemplo, Publicación 103 de la ICRP, GB 18871-2002).

8.3.1 Detección de la tasa de dosis de radiación X- γ (instrumento AT1123)

objetivo

Las tasas de dosis de rayos X y γ rayos se miden en la superficie del electrodo y en el entorno de producción para garantizar que el nivel de radiación esté por debajo del límite seguro ($<0,1 \mu\text{Sv/h}$).

Método de detección

Dispositivo: AT1123 X- γ Detector de tasa de dosis de radiación

Parámetros clave:

Rango de medición: $0,01-100 \mu\text{Sv/h}$

Precisión: $\pm 5\%$

Detector: Cristal de centelleo NaI

Pasos:

Calibración: Calibre el instrumento utilizando la fuente estándar Cs-137.

Detección: Coloque la sonda en la superficie del electrodo (a 1 cm de distancia) o en el área de trabajo (por ejemplo, área de mezcla, molienda) y registre la tasa de dosis.

Procesamiento de datos: Tome el promedio de múltiples mediciones, registre la hora y el lugar.

Requisitos estándar: tasa de dosis en la superficie del electrodo $< 0,1 \mu\text{Sv/h}$, tasa de dosis ambiental $< 0,05 \mu\text{Sv/h}$ (GB 18871-2002).

Ventajas: portátil, en tiempo real, adecuado para el monitoreo in situ.

Limitaciones: Insensible a las partículas α , requiere una combinación de otros métodos.

Precauciones

Frecuencia de prueba: 5-10 piezas por lote, monitoreo ambiental una vez al día.

Se evitan las interferencias electromagnéticas para garantizar la sensibilidad del instrumento.

El operador lleva un dosímetro personal para registrar la dosis acumulada.

8.3.2 α . Detección de contaminación superficial β (instrumento XH-3206)

objetivo

Detecte α y β la contaminación por partículas en las superficies y los equipos de los electrodos para asegurarse de que están por debajo del límite seguro ($<0,4 \text{ Bq/cm}^2$).

Método de detección

Equipo: XH-3206 α , detector de contaminación superficial β

Parámetros clave:

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Rango de medición: 0,1-1000 Bq/cm²
Eficiencia de detección: A>30%, B>40%
Detector: centelleador de ZnS

Pasos:

Calibración: Calibración utilizando fuentes estándar Am-241 (α) y Sr-90 (β).

Detección: Coloque la sonda cerca de la superficie del electrodo o de la superficie del dispositivo (a <2 mm de distancia), escanee lentamente y registre la tasa de conteo.

Cálculo: Convierta el nivel de contaminación de la superficie (Bq/cm²) en función de la eficiencia de detección.

Requisitos estándar: contaminación superficial < 0,4 Bq/cm² (GB 18871-2002).

Ventajas: Alta sensibilidad, adecuado para la detección de trazas de contaminación.

Limitaciones: Insensible a los rayos γ , combinado con detección de X- γ .

Precauciones

Frecuencia de detección: 3-5 piezas por lote, y la superficie del equipo se inspecciona semanalmente.

La superficie de la muestra debe limpiarse para evitar el aceite o el polvo.

El área de prueba debe estar aislada para evitar la contaminación cruzada.

8.3.3 Vigilancia de la radiación ambiental

objetivo

Supervise los niveles de radiación en la planta de producción para garantizar la seguridad de los operadores y el medio ambiente.

Método de detección

Monitoreo estacionario:

Equipamiento: Estación de monitoreo de radiación ambiental.

Operación: Las sondas fijas están instaladas en las áreas de mezcla, sinterización, molienda y almacenamiento para registrar las tasas de dosis X- γ en tiempo real.

Requisitos estándar: Tasa de dosis ambiente < 0,05 μ Sv/h.

Monitoreo portátil:

Dispositivo: AT1123 o similar.

Operación: Inspeccione todas las áreas del taller y registre la tasa de dosis y el nivel de contaminación a diario.

Monitoreo de residuos:

Dispositivo: γ espectrómetro.

Operación: Detecte la concentración de actividad de materiales de desecho (polvo, aguas residuales, electrodos de desecho), <1 Bq / g se puede tratar como residuo ordinario.

Precauciones

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Los datos de seguimiento deben archivar y informarse periódicamente al departamento de protección del medio ambiente.

El taller debe estar equipado con sistemas de ventilación y eliminación de polvo para reducir la concentración de polvo.

Frecuencia de monitoreo: monitoreo estacionario, registro en tiempo real, monitoreo portátil una vez al día, monitoreo de residuos una vez por lote.

8.4 Prueba de rendimiento de soldadura del electrodo de tungsteno de torio

La prueba de rendimiento de soldadura evalúa el rendimiento de inicio del arco, la estabilidad del arco y la tasa de quemado de los electrodos de tungsteno y torio para garantizar su rendimiento en la soldadura TIG y la soldadura por plasma.

8.4.1 Ensayo de rendimiento del arco

objetivo

Evalúe la capacidad del electrodo para formar arcos a bajos voltajes para garantizar un inicio rápido del arco.

Método de detección

Equipo: soldadora TIG, registrador de voltaje.

Pasos:

Preparación: Seleccione el electrodo WT20 (2,4 mm de diámetro, ángulo de molienda de 20°) y utilice protección de argón (10 L/min).

Prueba: En el modo DCEN, ajuste la corriente a 50-150 A y registre el voltaje y el tiempo del arco.

Análisis: El voltaje de arranque < 15 V y el tiempo de inicio < 0,5 segundos está calificado.

Requisitos de la norma: La norma ISO 6848:2015 exige una tensión de arco de < 15 V y un arco estable sin retardo.

Ventajas: Simulación de las condiciones reales de soldadura con resultados fiables.

Limitaciones: Es necesario controlar el gas de protección y la consistencia del estado del electrodo.

Precauciones

Frecuencia de prueba: 3 muestras por lote, repita la prueba 5 veces.

La punta del electrodo debe pulirse para evitar que los defectos de la superficie afecten el resultado.

Registre las condiciones ambientales (por ejemplo, temperatura, humedad) para evitar interferencias.

8.4.2 Ensayo de estabilidad del arco y velocidad de combustión

objetivo

Evalúe la estabilidad del arco y la durabilidad del electrodo en la soldadura.

Método de detección

Estabilidad del arco:

Equipo: soldadora TIG, osciloscopio, cámara de alta velocidad.

Pasos:

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Ajuste: electrodo WT20 (diámetro 3,2 mm, ángulo de molienda 30°), corriente 100-300 A, protección de argón.

Soldadura: La soldadura continua se realiza sobre una placa de acero inoxidable para registrar las fluctuaciones de voltaje del arco ($< \pm 2$ V).

Observación: Utilice una cámara de alta velocidad para registrar la forma del arco y asegurarse de que no haya derivas ni interrupciones.

Requisitos estándar: Fluctuaciones de arco $< \pm 2$ V sin salpicaduras ni interrupciones significativas.

Tasa de agotamiento:

Equipo: Balanza electrónica de precisión, microscopio.

Pasos:

Pesaje: Mida el peso inicial del electrodo (precisión $\pm 0,001$ g).

Soldadura: Soldadura continua a 200 A durante 1 hora.

Medición: Medición de la pérdida de longitud del electrodo (microscopio) y de la pérdida de masa (equilibrio).

Cálculo: Tasa de pérdida de quemado = pérdida de longitud/tiempo (mm/h), $<$ se califica 0,1 mm/h.

Requisitos estándar: Tasa de quemado $< 0,1$ mm/h (ISO 6848:2015).

Precauciones

Las condiciones de prueba deben ser consistentes con la soldadura real (por ejemplo, corriente, flujo de gas).

Frecuencia de prueba: 3 muestras por lote, repita la prueba 3 veces.

Los electrodos deben rectificarse periódicamente para garantizar que la punta esté en condiciones constantes.

8.5 Equipo de prueba y calibración del electrodo de tungsteno y torio

La precisión y las especificaciones de operación del equipo de prueba afectan directamente la confiabilidad de los resultados de la prueba y deben calibrarse y gestionarse estrictamente.

8.5.1 Requisitos de calibración para los instrumentos de ensayo

Método de calibración

XRF/ICP-OES/ICP-MS:

Estándar de calibración: Utilice muestras estándar del NIST (por ejemplo, SRM 610) o patrones de tungsteno de alta pureza.

Frecuencia: Calibración cada 6 meses, o después del mantenimiento del instrumento.

Requisitos: precisión $\pm 0,01\%$ (óxido de torio), $\pm 0,001\%$ (impurezas).

Probador de densidad/dureza:

Patrón de calibración: Se utilizan bloques de densidad estándar ($19,25 \text{ g/cm}^3$) y bloques de dureza (400 HV).

Frecuencia: Calibrada anualmente.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Requisitos: precisión de densidad $\pm 0,01 \text{ g/cm}^3$, precisión de dureza $\pm 5 \text{ HV}$.

Detector de radiación (AT1123, XH-3206):

Estándares de calibración: Utilice fuentes estándar Cs-137(c), Am-241(a), Sr-90(β).

Frecuencia: Calibración una vez al año, o después de la reparación del instrumento.

Requisitos: La precisión de la tasa de dosis es del $\pm 5\%$ y la eficiencia de detección de la contaminación $> 30\%$ (α) y $> 40\%$ (β).

Equipo de prueba de rendimiento de soldadura:

Estándar de calibración: calibrar la corriente ($\pm 2 \text{ A}$) y el voltaje ($\pm 0,1 \text{ V}$) de la máquina de soldar.

Frecuencia: Calibración cada 3 meses.

Requisitos: Asegúrese de que las condiciones de prueba sean coherentes con la norma.

Precauciones

La calibración debe ser realizada por una organización profesional (por ejemplo, un laboratorio acreditado por CNAS).

Los registros de calibración deben archivarse e incluir la fecha de calibración, las muestras estándar y los resultados.

8.5.2 Entorno de ensayo y especificaciones de funcionamiento

Detectar el entorno

Pruebas de composición química: Deben realizarse en una sala limpia (clase ISO 7) a una temperatura de $20\text{-}25 \text{ }^\circ\text{C}$ y una humedad $< 60\%$ para evitar la contaminación por polvo.

Pruebas de rendimiento físico: El laboratorio debe ser a prueba de golpes, la temperatura es de $18\text{-}22 \text{ }^\circ\text{C}$ y la humedad es del $< 50\%$.

Detección de radiactividad: Área aislada, equipada con sistema de ventilación y eliminación de polvo, tasa de dosis ambiente $< 0,05 \text{ } \mu\text{Sv/h}$.

Prueba de rendimiento de soldadura: simulando el entorno de soldadura real, pureza del argón $> 99,999\%$, caudal $8\text{-}15 \text{ L/min}$.

Código de Conducta

Operadores: Capacitados para estar familiarizados con el funcionamiento del equipo y la protección radiológica.

Requisitos de protección: Use ropa protectora, máscaras contra el polvo y guantes, y controle regularmente las dosis personales.

Registro de datos: Los resultados de las pruebas deben documentarse durante al menos 5 años, incluidos el lote, la fecha, el número de muestra y las condiciones de la prueba.

Eliminación de desechos: Los materiales de desecho (como los residuos de muestras) generados por el ensayo se eliminarán de acuerdo con las Medidas para el Monitoreo de la Radiación Ambiental y la Divulgación de Información de las Empresas para el Desarrollo y la Utilización de Minerales Radiactivos Asociados (Ensayo).

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal



ELECTRODO CTIA GROUP LTD WT20

Capítulo 9 Ventajas y desventajas del electrodo de torio y tungsteno

Debido a sus propiedades físicas y químicas únicas, los electrodos de tungsteno y torio ocupan una posición importante en la soldadura por arco de tungsteno y argón (soldadura TIG), soldadura por plasma y otras aplicaciones industriales. Sin embargo, los niveles traza de radiactividad causados por el óxido de torio (ThO_2) también plantean problemas ambientales y de salud. Este capítulo discutirá en detalle las ventajas de los electrodos de tungsteno de torio, incluidas sus excelentes propiedades de soldadura y resistencia al desgaste a altas temperaturas, así como sus inconvenientes, con un enfoque en el riesgo de contaminación radiactiva y los impactos ambientales y de salud.

9.1 Ventajas de los electrodos de tungsteno y torio

Los electrodos de torio y tungsteno tienen ventajas significativas en la soldadura y otras aplicaciones de alta temperatura debido a su trabajo de escape de electrones, alta estabilidad del arco y excelente resistencia a altas temperaturas, especialmente en la industria aeroespacial, nuclear y petroquímica.

9.1.1 Excelente rendimiento de soldadura

Los electrodos de tungsteno de torio exhiben un excelente rendimiento de soldadura en soldadura por arco de argón y tungsteno (soldadura TIG), soldadura por plasma y soldadura con electrodo negativo de CC (DCEN), lo que lo convierte en el material elegido para la soldadura de alta precisión y alta resistencia.

Escape de trabajo de electrones bajos

El dopaje de óxido de torio (ThO_2) reduce significativamente el trabajo de los electrones del electrodo de tungsteno de torio (aproximadamente 2,63 eV, inferior a los 4,55 eV del tungsteno puro), lo que le permite iniciar rápidamente el arco a voltajes más bajos (<15 V). Esta propiedad es

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

particularmente importante en la soldadura TIG y por plasma, especialmente a bajas corrientes (50-150 A), lo que reduce la entrada de calor al inicio del arco y es adecuada para soldar materiales de lámina delgada como acero inoxidable o aleaciones de titanio. Por ejemplo, el electrodo WT20 (1,7-2,2% ThO₂) se utiliza en la industria aeroespacial para soldar componentes de fuselaje de aleación de titanio (Ti-6Al-4V) con un tiempo de inicio del arco de < 0,5 segundos para garantizar la calidad y precisión de la soldadura.

Alta estabilidad del arco

Los electrodos de torio y tungsteno mantienen un arco concentrado y estable en un amplio rango de corriente (50-500 A), lo que reduce la deriva del arco y las salpicaduras, y son adecuados para soldar metales con altos puntos de fusión (por ejemplo, aleaciones de níquel, aleaciones de titanio). La estabilidad del arco se debe a la capacidad de las partículas de óxido de torio para liberar electrones calientes a altas temperaturas, lo que permite que el arco mantenga la continuidad en condiciones de soldadura dinámicas. Por ejemplo, en la industria nuclear, los electrodos WT30 (2,8-3,2% ThO₂) se utilizan para soldar recipientes a presión de acero inoxidable con fluctuaciones de voltaje de arco de ± 2 V y soldaduras sin porosidad ni grietas, cumpliendo con estrictos requisitos de calidad.

Baja tasa de pérdida por combustión

La tasa de combustión extremadamente baja del electrodo de tungsteno de torio (< 0,1 mm/h a una corriente de 200 A) prolonga la vida útil y reduce la frecuencia de sustitución y los costes de producción. La estabilidad térmica del óxido de torio y el alto punto de fusión de la matriz de tungsteno (3422 °C) le permiten operar a altas corrientes (200-400 A) durante largos períodos de tiempo sin un desgaste significativo. Por ejemplo, en la industria petroquímica, el electrodo WT40 (3,8-4,2% ThO₂) se utiliza para la soldadura de tuberías de paredes gruesas y puede funcionar de forma continua durante varias horas con pocos cambios en la forma de la punta del electrodo.

Escenarios de aplicación

Aeroespacial: Los electrodos WT20 y WT30 proporcionan un arco estable y soldaduras de alta precisión en la soldadura TIG de aleaciones a base de titanio y níquel para cumplir con los requisitos de alta resistencia de los motores de aviones y los componentes de cohetes.

Industria nuclear: los electrodos WT30 y WT40 están soldados con aleaciones de acero inoxidable y níquel a altas corrientes para garantizar soldaduras sin defectos y resistencia a la corrosión, adecuados para recipientes a presión de reactores.

Fabricación de automóviles: Los electrodos WT10 están soldados con placas de acero de paredes delgadas o aleaciones de aluminio a bajas corrientes para reducir la distorsión térmica y son adecuados para sistemas de suspensión y escape de automóviles.

9.1.2 Resistencia a altas temperaturas y resistencia al desgaste

El excelente rendimiento de los electrodos de tungsteno y torio en entornos de alta temperatura y alta carga los hace excelentes no solo para soldar, sino también para la electrónica de vacío y el corte por arco.

Intensidad de alta temperatura

El alto punto de fusión (3422 °C) y la estabilidad térmica del óxido de torio le permiten mantener la integridad estructural a temperaturas extremas, como la temperatura del arco de 15.000-20.000 °C en la soldadura por plasma. Las partículas de óxido de torio fijaron los límites de grano para inhibir el crecimiento del grano de la matriz de tungsteno y mantener el tamaño del grano en el rango de 10-50 µm, mejorando así la resistencia a la fatiga térmica y la resistencia mecánica del electrodo. Por ejemplo, en el corte por plasma, el electrodo WT30 corta placas de acero gruesas a una corriente de 300 A, y el electrodo es capaz de soportar altas cargas térmicas sin deformaciones o grietas notables.

Resistencia a la abrasión

La dureza del electrodo de tungsteno toriado (350-450 HV) es mayor que la del electrodo de tungsteno puro (aproximadamente 300 HV), gracias al efecto fortalecedor del óxido de torio. Esta alta dureza y resistencia a la abrasión lo hacen resistente a la abrasión y ablación de la punta del electrodo durante largos períodos de soldadura de alta corriente o corte por arco. Por ejemplo, en la ignición de un horno de arco eléctrico, el electrodo WT40 es capaz de iniciar repetidamente un arco de alta intensidad, y la resistencia al desgaste garantiza la fiabilidad a largo plazo de la unidad de encendido.

Escenarios de aplicación

Dispositivos electrónicos de vacío: Los electrodos de tungsteno de torio como materiales catódicos (como tubos de microondas, tubos de rayos X) emiten electrones de manera estable a 1500-2000 °C, y la resistencia a altas temperaturas y al desgaste garantiza que la vida útil del dispositivo sea de más de miles de horas.

Corte por plasma: El electrodo WT30 corta acero inoxidable en un arco de plasma de alta densidad de energía, lo que reduce el consumo de electrodos y mejora la eficiencia de corte debido a la resistencia al desgaste.

Horno de arco eléctrico: El electrodo WT40 se utiliza para el inicio del arco en pequeños hornos de arco eléctrico, y su resistencia a altas temperaturas y al desgaste admiten la ignición de alta frecuencia.

9.2 Desventajas de los electrodos de tungsteno de torio

A pesar de las importantes ventajas de rendimiento de los electrodos de tungsteno y torio, la radiactividad traza causada por la presencia de óxido de torio limita su uso en ciertas aplicaciones y plantea preocupaciones ambientales y de salud.

9.2.1 Riesgo de contaminación radiactiva

El torio-232 (Th-232) en el óxido de torio es un radionúclido natural con una vida media de unos 14 mil millones de años, que libera partículas de α (4,01-4,08 MeV) y pequeñas cantidades de β y γ rayos. A pesar de su baja concentración de actividad (WT10 es de aproximadamente 1 Bq/g, WT40 está ligeramente por encima del estándar de exención), todavía existe el riesgo de contaminación radiactiva durante la producción y el uso.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Riesgos en el proceso productivo

Contaminación por polvo: Durante la mezcla, la molienda, la sinterización y la molienda se genera polvo que contiene torio, que puede entrar en el cuerpo humano por inhalación o contacto, lo que aumenta el riesgo de radiación interna. La exposición a largo plazo puede causar daño pulmonar o tisular, aunque el riesgo es bajo (dosis efectiva anual de aproximadamente 0,1 a 1 mSv).

Gestión de residuos: Los materiales de desecho generados en el proceso de producción (por ejemplo, polvo, aguas residuales, electrodos de desecho) deben tratarse como desechos radiactivos, y los desechos con una concentración de actividad de > 1 Bq/g deben solidificarse (por ejemplo, mezclarse con matriz de cemento) y almacenarse en instalaciones especiales, lo que aumenta los costos de producción.

Requisitos del equipo: Los mezcladores, molinos y hornos de sinterización deben estar equipados con carcasas y filtros de alta eficiencia (HEPA, eficiencia de captura $> 99,9\%$) para evitar la propagación del polvo. Las aguas residuales deben tratarse por precipitación e intercambio iónico, y la actividad es $< 0,1$ Bq/L antes de que puedan descargarse.

Riesgos durante el uso

Polvo de molienda: La punta del electrodo se muele para optimizar la forma del arco antes de soldar, y el polvo de torio producido puede ingresar al cuerpo a través de la inhalación. Se requiere un molinillo dedicado y un sistema de succión al vacío, de lo contrario, puede resultar en la exposición a la radiación.

Emisiones ambientales: Los gases de escape de la soldadura y el corte pueden contener trazas de compuestos de torio, que deben tratarse mediante filtros de carbón activado y HEPA para evitar la contaminación del entorno de trabajo.

Eliminación de electrodos de desecho: Los electrodos de tungsteno de torio de desecho deben recogerse por separado de acuerdo con los desechos radiactivos, lo que aumenta el costo de uso y la dificultad de supervisión.

Restricciones estándar

Normas internacionales: La Publicación 103 de la ICRP y la Directiva de la UE 2013/59/Euratom exigen una tasa de dosis ambiental de $< 0,1$ μ Sv/h y una contaminación superficial $< 0,4$ Bq/cm² para la producción y el uso.

Las normas nacionales: GB 18871-2002 y las Medidas para el Monitoreo de la Radiación Ambiental y la Divulgación de Información de las Empresas Dedicadas al Desarrollo y Utilización de Minerales Radiactivos (Ensayo) requieren que las empresas monitoreen regularmente los niveles de radiación, y la concentración de la actividad de desechos debe ser de < 1 Bq/g.

Escenas restringidas

Debido al riesgo de radiactividad, el uso de electrodos de tungsteno y torio en las industrias médica, de procesamiento de alimentos y electrónica es limitado. Por ejemplo, la Unión Europea y América del Norte prohíben el uso de electrodos de tungsteno y torio en la soldadura de acero inoxidable apto para uso alimentario para evitar posibles riesgos de contaminación.

9.2.2 Impactos ambientales y de salud

Las propiedades radiactivas de los electrodos de torio y tungsteno plantean posibles impactos

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

ambientales y de salud, lo que lleva a la industria a buscar alternativas no radiactivas.

Impacto ambiental

Eliminación de residuos: Los residuos radiactivos (por ejemplo, polvo, aguas residuales, electrodos de desecho) generados durante la producción y el uso deben gestionarse estrictamente para evitar la contaminación del suelo y las masas de agua. Por ejemplo, los compuestos de torio en las aguas residuales pueden provocar la contaminación de las aguas subterráneas si se descargan sin tratar.

Control de emisiones: Los gases de escape de la soldadura y el corte se tratan mediante un sistema de filtración de alta eficiencia para evitar que los compuestos de torio ingresen a la atmósfera. Las empresas están obligadas a presentar informes de emisiones al departamento de protección del medio ambiente de forma periódica para cumplir los requisitos de las Medidas.

Acumulación a largo plazo: La vida media ultralarga del torio-232 significa que los residuos deben almacenarse durante mucho tiempo, y la construcción y el mantenimiento de bancos de residuos específicos aumenta los costes de gestión medioambiental.

Impactos en la salud

Exposición ocupacional: Los operadores que producen y utilizan electrodos de tungsteno de torio pueden estar expuestos a la radiación de partículas α al inhalar polvo o al tocar superficies contaminadas. La exposición a dosis bajas a largo plazo puede aumentar el riesgo de cáncer de pulmón o daño tisular, aunque la probabilidad es baja (1 mSv es seguro para una dosis efectiva < por año).

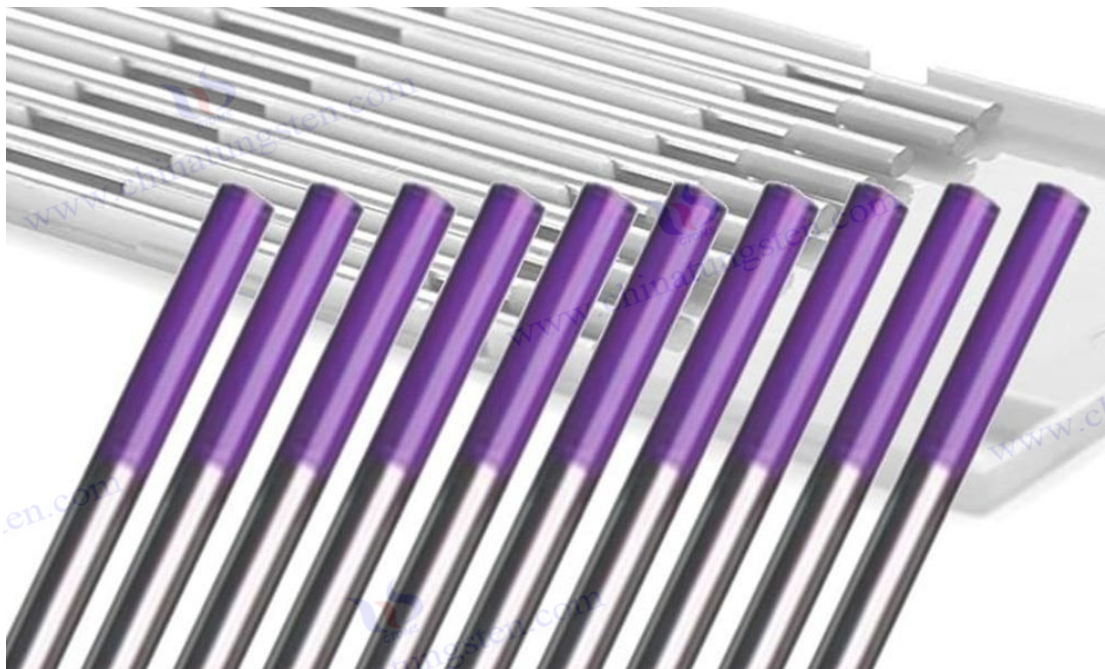
Riesgo público: Si los residuos no se eliminan adecuadamente, los compuestos de torio pueden entrar en la cadena alimentaria a través de medios medioambientales (por ejemplo, agua, suelo) y afectar a la salud de los residentes de los alrededores. La ICRP recomienda que la dosis efectiva anual para el público sea de < 1 mSv, con un estricto control de emisiones.

Costos de protección: Las empresas deben estar equipadas con equipos de protección (como ropa de protección, máscaras contra el polvo) y equipos de monitoreo (como AT1123, XH-3206), y los operadores deben recibir capacitación en seguridad radiológica, lo que aumenta los costos operativos.

Tendencias alternativas

Debido a problemas de radiactividad, los electrodos no radiactivos como el tungsteno de cerio (WC20), el tungsteno de lantano (WL20) y el tungsteno de circonio (WZ8) están reemplazando gradualmente a los electrodos de tungsteno de torio. El trabajo electrónico (aprox. 2,7-2,8 eV) y la estabilidad del arco de estos electrodos son similares a los de los electrodos de torio y tungsteno sin riesgo radiactivo. Por ejemplo, los electrodos de lantano y tungsteno ya representan más del 60% de los electrodos de soldadura TIG en el mercado de la UE y se utilizan ampliamente en las industrias aeroespacial y médica. Los electrodos de tungsteno y torio de China siguen siendo dominantes debido a las ventajas de costo, pero la proporción de electrodos de lantano, tungsteno y cerio y tungsteno de cerio aumenta año tras año.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal



ELECTRODO CTIA GROUP LTD WT30

Capítulo 10 Almacenamiento, transporte y gestión de la seguridad del electrodo de torio y tungsteno

Debido a que los electrodos de tungsteno y torio contienen trazas de óxido de torio radiactivo (ThO_2), su almacenamiento, transporte y uso deben seguir estrictas prácticas de gestión de seguridad para prevenir la contaminación radiactiva, proteger la salud humana y garantizar la seguridad ambiental. En este capítulo se analizarán en detalle el entorno y las condiciones de almacenamiento, las normas de embalaje y las medidas de protección, las precauciones de seguridad durante el transporte, las prácticas de gestión de la seguridad para los materiales radiactivos y las medidas de tratamiento de emergencia y prevención de accidentes.

10.1 Requisitos de condiciones y entorno de almacenamiento

El almacenamiento de electrodos de tungsteno de torio debe garantizar que sus propiedades físicas no se vean afectadas y, al mismo tiempo, evitar la fuga o propagación de materiales radiactivos de óxido de torio. El entorno y las condiciones de almacenamiento deben cumplir con las normas internacionales y nacionales (e.g. ISO 6848:2015, GB 18871-2002).

Entorno de almacenamiento

Temperatura y humedad:

Temperatura: 10-30 °C, para evitar altas temperaturas (>50 °C) que provoquen la oxidación de la superficie del electrodo o el deterioro de las propiedades del material.

Humedad: <60% HR para evitar que la humedad cause corrosión en la matriz de tungsteno o que el polvo de óxido de torio absorba la humedad.

Requisitos ambientales: El área de almacenamiento debe ser un almacén dedicado seco y bien ventilado, lejos de fuentes de agua y productos químicos.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Resistente al polvo y aislado:

La zona de almacenamiento debe estar equipada con un sistema de ventilación eficiente con una concentración de polvo de $< 0,1 \text{ mg/m}^3$ en el aire para evitar la propagación de polvo radiactivo.

Los electrodos deben almacenarse aislados de alimentos, medicamentos u otros artículos sensibles para evitar la contaminación cruzada.

Protección radiológica:

La tasa de dosis de radiación X- γ en el área de almacenamiento debe ser de $< 0,05 \text{ } \mu\text{Sv/h}$, lo que cumple con los requisitos de GB 18871-2002.

El almacén debe estar equipado con un monitor de radiación (como AT1123) para controlar regularmente el nivel de radiación ambiental.

Condiciones de almacenamiento

Requisitos del contenedor:

Los electrodos deben almacenarse en un recipiente sellado de acero inoxidable o plástico $> 2 \text{ mm}$ de grosor y marcado con una etiqueta de advertencia radiactiva (por ejemplo, "Precaución: material radiactivo").

El recipiente debe llenarse con un gas inerte (por ejemplo, argón) o mantenerse al vacío para evitar la oxidación.

Almacenamiento clasificado:

Los diferentes tipos de electrodos de tungsteno de torio (por ejemplo, WT10, WT20, WT30, WT40) deben almacenarse por separado, indicando el contenido de óxido de torio y el número de lote.

Los electrodos de desecho deben almacenarse por separado en un contenedor de residuos radiactivos específico para evitar que se mezclen.

Período de almacenamiento:

El período de almacenamiento de los electrodos de tungsteno y torio suele ser de 2 a 5 años, dependiendo de la integridad del paquete y las condiciones de almacenamiento.

Verifique regularmente la calidad de la superficie de los electrodos (sin oxidación ni grietas), y los electrodos no calificados deben tratarse como desechos radiactivos.

Precauciones

Los almacenes de almacenamiento se limitarán al personal no autorizado y estarán equipados con sistemas de control de acceso y vigilancia.

Los registros de almacenamiento deben incluir el tipo de electrodo, la cantidad, el lote, la fecha de almacenamiento y los datos de monitoreo de radiación, y deben archivarse durante al menos 5 años.

Los almacenes deben limpiarse regularmente con el método de limpieza en húmedo para evitar el polvo.

10.2 Normas de embalaje y medidas de protección

El embalaje es la primera línea de defensa para el almacenamiento y transporte de electrodos de tungsteno y torio, que debe garantizar la integridad de los electrodos y evitar la fuga de materiales

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

radiactivos, de acuerdo con las normas internacionales y nacionales (como ISO 6848:2015, GB/T 4187-2017).

Normas de embalaje

Material de embalaje:

Embalaje interior: Utilice tubos de plástico a prueba de humedad y oxidación o bolsas selladas al vacío, y cada electrodo se empaqueta individualmente para evitar la fricción entre sí.

Embalaje exterior: caja de acero inoxidable o plástico de alta resistencia, espesor > 2 mm, resistente a los golpes y sellado.

Material de amortiguación: Rellene con espuma o almohadillas de burbujas para reducir la vibración y el impacto durante el transporte.

Requisitos de marcado:

El tipo de electrodo (por ejemplo, WT20), el contenido de óxido de torio, el número de lote, la fecha de fabricación y la información del fabricante deben indicarse en el embalaje.

Señales de advertencia radiactivas: Indique el símbolo "Material radiactivo" (trébol) y descripciones textuales como "Contiene torio, manéjelo con cuidado".

Cumple con los requisitos de embalaje SSR-6 del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) con categoría de embalaje "Tipo A" (para materiales radiactivos de bajo nivel).

Embalaje:

Número de electrodos por paquete: 10-100, la longitud (50-300 mm) y el diámetro (0,5-10 mm) deben ser los mismos.

Peso del paquete: <50 kg para facilitar su manejo y transporte.

Medidas de protección

Resistencia a la humedad y a la oxidación:

El paquete debe llenarse con un desecante (por ejemplo, gel de sílice) o aspirarse para evitar que entre humedad.

El embalaje exterior debe estar recubierto con pintura antioxidante o materiales anticorrosivos para garantizar la seguridad de almacenamiento a largo plazo.

A prueba de golpes y caídas:

La caja debe pasar la prueba de caída (1,2 m de altura sin roturas) y cumplir con los requisitos del OIEA SSR-6.

La caja debe estar asegurada durante el transporte para evitar resbalones o vuelcos.

Protección radiológica:

La caja debe protegerse de las partículas de α (> de plástico de 0,1 mm de espesor es suficiente) y de algunos rayos γ (espesor > 2 mm de acero inoxidable).

La tasa de dosis de radiación de la superficie del embalaje debe ser de < 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ y la contaminación de la superficie < 0,4 Bq/cm² (GB 18871-2002).

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Precauciones

El embalaje debe inspeccionarse con regularidad para asegurarse de que no haya daños ni fugas. Detecte los niveles de radiación en las superficies de los envases utilizando detectores de tasa de dosis de radiación X- γ (p. ej., AT1123) y detectores de contaminación de superficies α y β (p. ej., XH-3206).

Los envases no conformes deben volver a sellarse o eliminarse como residuos radiactivos.

10.3 Precauciones de seguridad durante el transporte

El transporte de electrodos de tungsteno y torio está sujeto a las normas internacionales y nacionales sobre el transporte de materiales radiactivos (por ejemplo, SSR-6 del OIEA, GB 11806-2004) para garantizar la seguridad y evitar la contaminación radiactiva.

Requisitos de envío

Método de envío:

Transporte terrestre: utilizar camiones especiales, equipados con dispositivos antivibratorios y equipos de monitoreo de radiación.

Flete marítimo: Cumple con las especificaciones de la Organización Marítima Internacional (IMDG), embalaje tipo A, colocado en una bodega de carga dedicada.

Carga Aérea: Cumple con las Regulaciones de Mercancías Peligrosas de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA) y el embalaje está sujeto a pruebas de presión y caída.

Embalaje y carga:

Los electrodos deben embalsarse de acuerdo con la sección 10.2 y asegurarse en el medio de transporte para evitar movimientos o daños.

Los vehículos de transporte o las bodegas de carga estarán marcados con una señal de advertencia radiactiva que indique "Sustancia de baja actividad específica (LSA-I)".

Monitoreo de radiación:

Antes del transporte: Detecte la tasa de dosis superficial ($<0,1 \mu\text{Sv/h}$) y el nivel de contaminación ($<0,4 \text{ Bq/cm}^2$) en la superficie del embalaje.

En tránsito: Compruebe regularmente el nivel de radiación de la carga utilizando un detector de radiación portátil como el RadEye PRD.

Después del envío: El destinatario comprueba la integridad del paquete y los niveles de radiación y registra los datos.

Precauciones de seguridad

Protección del personal:

El personal de transporte debe estar capacitado en seguridad radiológica y usar un dosímetro personal con una dosis efectiva de $< 1 \text{ mSv}$ por año.

Use guantes protectores cuando manipule y evite el contacto directo con los electrodos o el embalaje.

Preparación para emergencias:

Los vehículos de transporte deben estar equipados con kits de emergencia, que incluyen ropa

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

protectora, bolsas selladas y detectores de radiación portátiles.

Formule un plan de emergencia para accidentes de transporte y aclare el proceso de manejo en caso de fugas o daños.

Planificación de rutas:

Elija rutas de transporte alejadas de áreas pobladas y fuentes de agua para evitar las inclemencias del tiempo.

Los envíos están sujetos a las normativas locales y se informan con antelación a las autoridades pertinentes (por ejemplo, autoridades medioambientales o de seguridad nuclear).

Precauciones

Los registros de envío deben conservarse durante al menos 5 años, incluido el número de electrodos, el tipo de embalaje, el nivel de radiación y la ruta de envío.

Para los envíos internacionales, se requiere una versión en inglés del Certificado para el Transporte de Materiales Radiactivos, que cumple con los requisitos del SSR-6 del OIEA.

Evite mezclarlo con otras mercancías peligrosas (como inflamables) durante el transporte.

10.4 Prácticas de gestión de la seguridad de los materiales radiactivos

Los electrodos de torio y tungsteno se consideran sustancias radiactivas de baja actividad específica debido a su torio-232 (Th-232, concentración de actividad de aproximadamente 1 Bq/g) y están sujetos a normas internacionales y nacionales de gestión de seguridad radiológica (por ejemplo, Publicación 103 de la ICRP, GB 18871-2002).

Normas de gestión

Registro y Licencias:

Los fabricantes y usuarios deben registrarse en los reguladores de seguridad nuclear (por ejemplo, la Administración Nacional de Seguridad Nuclear de China) y obtener una licencia para operar materiales radiactivos.

El WT10 (0,8-1,2% ThO₂) generalmente cumple con los criterios de exención (1 Bq/g), y WT40 (3,8-4,2% ThO₂) requiere supervisión adicional.

Protección radiológica:

Las áreas de producción y almacenamiento deben estar equipadas con recintos y filtros HEPA (99,9% de eficiencia de captura) para evitar que el polvo se propague.

Los operadores deben usar ropa protectora, máscaras contra el polvo y guantes, y someterse a controles de salud regulares y control de dosis (dosis efectiva < 1 mSv por año).

Gestión de residuos:

Clasificación de los residuos: El polvo, las aguas residuales y los electrodos de desecho deben recogerse por separado, y los residuos con una concentración de actividad de > 1 Bq/g deben tratarse como residuos radiactivos.

Tratamiento de curado: El polvo y los electrodos de desecho deben mezclarse con cemento o matriz

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

de resina, y la resistencia del cuerpo curado > de 10 MPa.

Almacenamiento y eliminación: Los residuos radiactivos se almacenan en un depósito específico y se entregan periódicamente a un organismo profesional (por ejemplo, la Corporación Nuclear Nacional de China) para su eliminación.

Divulgación de información:

De conformidad con las Medidas para la vigilancia de la radiación en el medio ambiente y la divulgación de información de las empresas dedicadas al desarrollo y la utilización de minas radiactivas (para su realización experimental), las empresas deben presentar informes anuales de vigilancia de la radiación al departamento de protección del medio ambiente y divulgar los datos sobre el tratamiento y la descarga de desechos.

Base estándar

Internacional: La Publicación 103 (2007) de la CIPR exige que el público tenga una dosis efectiva anual de < 1 mSv y una exposición ocupacional de < 20 mSv; En el SSR-6 del OIEA se especifican los límites de transporte, embalaje y radiación.

Doméstico: GB 18871-2002 requiere una tasa de dosis ambiental de <0,05 μ Sv/h y una contaminación superficial < 0,4 Bq/cm²; GB 11806-2004 regula la seguridad del transporte de materiales radiactivos.

Precauciones

Las empresas deben establecer un sistema de gestión de la seguridad radiológica y designar a una persona a tiempo completo a cargo de la protección radiológica.

Formación periódica del personal sobre los riesgos de radiación, las medidas de protección y la respuesta a emergencias.

Los equipos de monitorización de la radiación deben calibrarse anualmente para garantizar su precisión y fiabilidad.

10.5 Manejo de Emergencias y Prevención de Accidentes

Aunque el riesgo de radiactividad de los electrodos de tungsteno y torio es bajo (principalmente partículas α , penetración débil), es necesario desarrollar medidas de tratamiento de emergencia y prevención de accidentes para hacer frente a situaciones como daños en el embalaje, fugas de polvo o accidentes de transporte.

Prevención de accidentes

Mantenimiento de equipos:

Verifique regularmente la estanqueidad de los mezcladores, molinillos y recipientes de almacenamiento para evitar fugas de polvo.

Los sistemas de ventilación y recolección de polvo deben mantenerse en funcionamiento normal, y los intervalos de reemplazo del filtro < de 6 meses.

Especificaciones operativas:

Los empleados deben seguir estrictamente los procedimientos operativos, usar equipo de protección

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

y tienen prohibido moler electrodos en áreas no aisladas.

Durante el almacenamiento y el transporte, la integridad del embalaje debe verificarse regularmente y el contenedor dañado debe reemplazarse a tiempo.

Vigilancia ambiental:

Instale estaciones estacionarias de monitoreo de radiación (como el Mirion RDS-31) para monitorear las tasas de dosis en talleres y almacenes en tiempo real.

Inspeccione semanalmente los equipos y las superficies de embalaje con detectores de contaminación de superficies α β como el XH-3206.

Respuesta a emergencias

Fuga de polvo:

Apague inmediatamente el equipo correspondiente, active el sistema de ventilación de emergencia y aisle el área de fuga.

El polvo se recoge mediante el método de barrido húmedo, se coloca en un recipiente hermético y se marca con una advertencia radiactiva.

El rango de contaminación se evaluó utilizando detectores X- γ y detectores de α y β , y se debe informar de la tasa de dosis $> 0,1 \mu\text{Sv/h}$ o la contaminación de la superficie $> 0,4 \text{ Bq/cm}^2$.

Embalaje dañado:

Deje de enviar o manipular y traslade el paquete dañado a un área de cuarentena.

Vuelva a sellar los electrodos con una bolsa sellada para detectar el nivel de radiación del nuevo paquete.

Limpie los electrodos dispersos y envíelos al depósito de residuos radiactivos.

Accidentes de Transporte:

Aísle la escena del accidente, restrinja el acceso al personal y use equipo de protección.

Se utiliza un detector de radiación portátil para evaluar los niveles de radiación y se toman fotografías para documentar la escena.

Póngase en contacto con el departamento de seguridad nuclear y protección ambiental, informe los detalles del accidente y deseche los artículos contaminados según sea necesario.

Exposición del personal:

Evacuar inmediatamente al personal expuesto, probar los dosímetros personales y evaluar la dosis recibida.

Brinde primeros auxilios (como lavarse la piel o los ojos) y, si es necesario, lleve a un médico para que lo examine.

Registre los eventos de exposición, analice las causas y mejore las medidas de protección.

Precauciones

Las empresas deben formular planes de emergencia detallados y organizar simulacros al menos una vez al año.

El botiquín de emergencia debe incluir ropa protectora, una bolsa sellada, un detector portátil y

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

suministros de primeros auxilios.

Se debe presentar un informe de accidente al departamento de seguridad nuclear dentro de las 24 horas e incluir la causa del accidente, los niveles de radiación y las medidas de eliminación.



ELECTRODO CTIA GROUP LTD WT40

Capítulo 11 Tendencias y desafíos futuros del desarrollo futuro del electrodo de torio y tungsteno

Como material clave en la soldadura por arco de tungsteno y argón (soldadura TIG), soldadura por plasma y dispositivos electrónicos de vacío, los electrodos de torio y tungsteno ocupan una posición importante en los campos aeroespacial, nuclear y petroquímico debido a su excelente estabilidad del arco, bajo trabajo de escape de electrones y alta resistencia al desgaste. Sin embargo, los niveles de trazas de radiactividad causados por el óxido de torio (ThO_2) presentan desafíos ambientales y de salud, lo que lleva a la industria a acelerar el desarrollo de materiales alternativos no radiactivos, mejorar los procesos de preparación y promover la fabricación ecológica. Este capítulo discutirá las futuras tendencias de desarrollo y los desafíos de los electrodos de tungsteno de torio, incluido el progreso de la investigación y el desarrollo de materiales alternativos, la protección del medio ambiente y la presión de seguridad radiactiva, los nuevos procesos de preparación y la fabricación ecológica, las direcciones de mejora del rendimiento, los cambios en la demanda del mercado y el desarrollo de la cadena industrial, así como el impacto y el desarrollo del cumplimiento de las políticas y regulaciones.

11.1 Avances en la investigación y desarrollo de materiales alternativos para los electrodos de tungsteno y torio

Con la regulación cada vez más estricta de los materiales radiactivos en todo el mundo, la investigación y el desarrollo de electrodos de tungsteno no radiactivos se ha convertido en un tema candente en la industria. Los materiales alternativos están diseñados para mantener o acercarse a las

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

propiedades de soldadura de los electrodos de tungsteno y torio, como el bajo trabajo de electrones y la estabilidad del arco, al tiempo que eliminan el riesgo de radiactividad. En la actualidad, los electrodos no radiactivos como el tungsteno de cerio (WC20), el tungsteno SM (WL20), el tungsteno de circonio (WZ8) y el tungsteno de itrio (WY20) han reemplazado a los electrodos de tungsteno de torio en algunos campos.

11.1.1 Electrodo de cerio y tungsteno (WC20)

Composición y propiedades: Contiene 1.8-2.2% de óxido de cerio (CeO_2), y el trabajo electrónico es de aproximadamente 2.7 eV, que está cerca de 2.63 eV del electrodo de tungsteno de torio. El electrodo de cerio-tungsteno mostró un buen rendimiento de iniciación del arco y estabilidad del arco en soldadura de ánodo de CC (DCEN) y corriente alterna (CA), y la tasa de quemado fue de $< 0,12 \text{ mm/h}$ (a una corriente de 200 A), que fue ligeramente superior a la del electrodo de tungsteno de torio de $0,1 \text{ mm/h}$.

Ventaja: No radiactivo, adecuado para las industrias médica, alimentaria y electrónica. El costo es bajo, el proceso de producción es simple y cumple con la norma ISO 6848:2015.

Aplicación: Ampliamente utilizado en soldadura TIG de acero inoxidable y aleaciones de aluminio. Por ejemplo, en la fabricación de dispositivos médicos, los electrodos WC20 se utilizan para soldar implantes de aleación de titanio, evitando el riesgo de contaminación radiactiva.

Avances en investigación y desarrollo: La investigación en los últimos años se ha centrado en optimizar la distribución y el tamaño ($0,5\text{-}2 \mu\text{m}$) de las partículas de óxido de cerio para mejorar la estabilidad y durabilidad del arco. Por ejemplo, en 2023, Welding Journal informó de un novedoso proceso de dopaje húmedo que prepara electrodos de cerio y tungsteno más homogéneos mediante coprecipitación química, mejorando la estabilidad del arco en un 10%.

Desafío: A altas corrientes ($>300 \text{ A}$), la tasa de quemado de los electrodos de cerio y tungsteno es ligeramente mayor, lo que limita su aplicación en soldadura de alta resistencia. Los investigadores están explorando el dopaje compuesto (por ejemplo, $\text{CeO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3$) para reducir aún más la tasa de agotamiento.

11.1.2 Electrodo de tungsteno SM (WL20)

Composición y rendimiento: contiene 1.8-2.0% SM oxidado (La_2O_3), trabajo electrónico de aproximadamente 2.8 eV, la estabilidad del arco es mejor que el electrodo de tungsteno de cerio y la tasa de quemado es de $< 0.1 \text{ mm/h}$ (a una corriente de 200 A), cerca del electrodo de tungsteno de torio. El electrodo WL20 sobresale en soldadura de alta corriente y pulso, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de precisión y servicio pesado.

Ventajas: no radiactivo, excelente resistencia a altas temperaturas y resistencia al desgaste, vida útil un 20-30% más larga que los electrodos de cerio y tungsteno. En el mercado de la UE, WL20 ya representa más del 60% de los electrodos de soldadura TIG.

Aplicación: Se utiliza en las industrias aeroespacial y nuclear para soldar aleaciones de titanio y aleaciones a base de níquel. Por ejemplo, Boeing ha adoptado electrodos WL20 en grandes cantidades en la construcción de sus aviones 787, reemplazando a los electrodos WT20.

Avances en investigación y desarrollo: En 2024, Ciencia e Ingeniería de Materiales informó sobre un nuevo electrodo de tungsteno SM que mejora significativamente la concentración y la durabilidad del arco a través del dopaje SM por oxidación a nanoescala (tamaño de partícula $< 0,5 \mu\text{m}$). También se exploró el dopaje compuesto de SM con circonio o itrio para optimizar el rendimiento de la soldadura de CA.

Desafío: Los electrodos de tungsteno SM son caros de producir (aproximadamente un 20% más altos que los WT20), lo que limita su adopción en mercados sensibles a los costos. Los investigadores están desarrollando procesos de sinterización de bajo costo para reducir los precios.

11.1.3 Electrodo de tungsteno y circonio (WZ8)

Composición y propiedades: Contiene 0,7-0,9% de circonio (ZrO_2), especialmente diseñado para la soldadura de CA de aleaciones de aluminio y magnesio. El trabajo electrónico es de aproximadamente 2,9 eV, la estabilidad del arco es moderada y la tasa de quemado es de $< 0,15 \text{ mm/h}$ a 150 A.

Ventajas: no radiactivo, adecuado para soldadura de metales ligeros, capa de óxido estable formada en la superficie del electrodo, lo que reduce la contaminación.

Aplicación: Se utiliza para la soldadura de aleaciones de aluminio en las industrias automotriz y marina, como carrocerías de automóviles y estructuras de cascos.

Progreso de la investigación y el desarrollo: La investigación y el desarrollo de los electrodos de tungsteno y circonio se centra en mejorar la estabilidad del arco, y en 2022, el Journal of Materials Processing Technology informó de un electrodo compuesto de circonio-tungsteno con trazas de óxido de itrio, que mejoró la estabilidad del arco en un 15%.

Desafío: Los electrodos de tungsteno y circonio no son adecuados para la soldadura DCEN de alta corriente y tienen una gama limitada de aplicaciones. En el futuro, es necesario desarrollar electrodos compuestos a base de circonio adecuados para múltiples escenarios.

11.1.4 Electrodo de tungsteno de itrio (WY20)

Composición y propiedades: Contiene 1.8-2.2% de óxido de itrio (Y_2O_3), el trabajo electrónico es de aproximadamente 2.75 eV, el rendimiento es cercano al del electrodo de tungsteno SM, adecuado para soldadura de alta precisión.

Ventajas: No radiactivo, alta estabilidad del arco, adecuado para microsoldadura (por ejemplo, componentes electrónicos).

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Aplicación: Soldadura de precisión en las industrias de semiconductores y electrónica, como conexiones de placas de circuitos.

Progreso de la investigación y el desarrollo: La investigación se centra en mejorar la resistencia a la fatiga térmica de los electrodos de itrio-tungsteno, y en 2023, la Sociedad China de Soldadura informó que un electrodo de itrio-tungsteno preparado por pulverización de plasma ha aumentado la durabilidad en un 25%.

Desafío: Los electrodos de itrio-tungsteno tienen un alto costo (aproximadamente un 30% más alto que el WT20) y una baja penetración en el mercado. Los procesos de producción deben optimizarse aún más para reducir los costos.

11.1.5 Electrodos compuestos de tierras raras

Dirección de investigación y desarrollo: los electrodos dopados compuestos (como $\text{CeO}_2+\text{La}_2\text{O}_3$, $\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3$) combinan las ventajas de una variedad de óxidos de tierras raras para lograr un bajo trabajo de electrones ($<2.7\text{ eV}$), alta estabilidad del arco y baja tasa de quemado. En 2024, el Journal of Industrial Ecology informó de un electrodo compuesto $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3$ con un rendimiento cercano al WT40 y sin radiactividad.

Ventajas: Excelente rendimiento integral, que puede cubrir todos los escenarios de aplicación del electrodo de tungsteno de torio.

Desafío: El proceso de dopaje de compuestos es complejo, la uniformidad es difícil de controlar y el costo es alto. En el futuro, será necesario desarrollar tecnologías automatizadas de mezcla y sinterización.

11.1.6 Perspectivas futuras

A corto plazo (1-5 años): Los electrodos de tungsteno cerio y tungsteno SM continuarán expandiendo su participación en el mercado, especialmente en los mercados europeo y americano con estrictos requisitos ambientales. Los electrodos de tungsteno SM pueden convertirse en una alternativa convencional debido a su excelente rendimiento.

A largo plazo (5-10 años): Se espera que los electrodos compuestos de tierras raras reemplacen completamente a los electrodos de tungsteno y torio, especialmente en soldadura de alta precisión y alta resistencia. También se están explorando nuevos materiales dopados (por ejemplo, óxido de disprosio, óxido de erbio), que pueden mejorar aún más el rendimiento.

Impulsado por la tecnología: La nanotecnología y la deposición química de vapor (CVD) se utilizarán para fabricar electrodos dopados más homogéneos y mejorar la consistencia del rendimiento. La inteligencia artificial (IA) para optimizar los índices de dopaje y los parámetros de sinterización también acelerará el proceso de investigación y desarrollo.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO_2). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8–1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7–2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8–3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8–4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. 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

11.2 Protección del medio ambiente y presión de seguridad radiológica

El torio-232 (Th-232) en los electrodos de tungsteno de torio emite α partículas y pequeñas cantidades de β y γ rayos, y aunque la concentración de actividad es baja (alrededor de 1 Bq/g para WT10 y ligeramente por encima del estándar de exención para WT40), su radiactividad ha desencadenado presiones ambientales y de seguridad globales, lo que ha llevado a la industria a realizar la transición a electrodos no radiactivos.

11.2.1 Normativa ambiental internacional

UE: La Directiva 2013/59/Euratom exige una tasa de dosis ambiental de $< 0,1 \mu\text{Sv/h}$ y una contaminación superficial $< 0,4 \text{ Bq/cm}^2$ para su producción y uso. La UE ha eliminado gradualmente los electrodos de torio y tungsteno, predominando los electrodos de tungsteno SM y cerium tungsteno.

Estados Unidos: La Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) y la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés) exigen que las empresas estén equipadas con filtros HEPA y equipos de molienda especializados para reducir la exposición al polvo de torio. Estados como California requieren permisos especiales para el uso de materiales radiactivos.

Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA): La especificación SSR-6 exige que los paquetes de transporte estén protegidos de las partículas de α y los rayos γ a una tasa de dosis superficial de $< 0,1 \mu\text{Sv/h}$. El OIEA también promueve exenciones para las sustancias de baja actividad específica (LSA-I), y los electrodos WT10 generalmente cumplen los criterios de exención.

11.2.2 Normativa ambiental nacional

China: GB 18871-2002 requiere una tasa de dosis en el entorno de producción de $< 0,05 \mu\text{Sv/h}$ y una concentración de actividad residual de $< 1 \text{ Bq/g}$. Las Medidas para el Monitoreo de la Radiación Ambiental y la Divulgación de Información de las Empresas que Participan en el Desarrollo y Utilización de Minerales Radiactivos (para la Implementación de Ensayos) requieren que las empresas presenten informes de monitoreo de la radiación cada año, y la actividad de aguas residuales es $< 0.1 \text{ Bq/L}$.

Desafío: Como el mayor productor mundial de recursos de tungsteno y electrodos de tungsteno y torio, China se enfrenta a una enorme presión sobre el tratamiento de residuos y el control de emisiones. Los materiales de desecho (por ejemplo, polvo, aguas residuales) deben solidificarse y almacenarse en instalaciones específicas, lo que aumenta los costos de producción.

11.2.3 Impactos ambientales

Contaminación por polvo: El polvo de torio generado durante los procesos de mezcla, molienda y sinterización puede contaminar el medio ambiente por inhalación o deposición y requiere una campana de contención y un filtro de alta eficiencia (99.9% de eficiencia de captura).

Aguas residuales y residuos: Los compuestos de torio en las aguas residuales de producción deben

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

tratarse mediante precipitación e intercambio iónico, y los residuos sólidos deben mezclarse con la matriz de cemento, que es costosa para el almacenamiento a largo plazo.

Acumulación a largo plazo: La vida media ultralarga del torio-232 (14 mil millones de años) significa que los desechos deben secuestrarse permanentemente, lo que puede afectar la seguridad del suelo y el agua.

11.2.4 Impactos en la salud

Exposiciones ocupacionales: Los operadores pueden estar expuestos a partículas de α a través de la inhalación de polvo o el contacto con superficies contaminadas a una dosis efectiva de menos de 1 mSv por año (ICRP 103). La exposición a dosis bajas a largo plazo puede aumentar el riesgo de cáncer de pulmón, aunque menos probable.

Riesgo público: Si los residuos no se eliminan adecuadamente, los compuestos de torio pueden entrar en la cadena alimentaria a través de medios ambientales, afectando a la salud de los residentes de los alrededores. La dosis efectiva anual para el público debe ser de <1 mSv.

Costos de protección: Las empresas necesitan invertir en equipos de protección (por ejemplo, ropa de protección, máscaras contra el polvo), equipos de monitoreo (por ejemplo, AT1123, XH-3206) y capacitación, lo que aumenta los costos operativos.

11.2.5 Tendencias futuras

Sustitución no radiactiva: Las presiones ambientales están impulsando la popularidad de los electrodos de tungsteno SM y cerium tungsteno, y se espera que la cuota de mercado mundial de electrodos de tungsteno y torio disminuya del 40% actual al 20% para 2030.

Certificación verde: Las empresas deben aprobar la certificación del sistema de gestión ambiental ISO 14001 para demostrar que sus procesos de producción cumplen con los estándares ambientales.

Apoyo técnico: Los sistemas automatizados de vigilancia (por ejemplo, redes de detección de radiación en tiempo real) y las tecnologías de tratamiento de residuos (por ejemplo, incineración por plasma) reducirán el riesgo de radiactividad.

11.3 Nuevos Procesos de Preparación y Fabricación Ecológica

Con el fin de hacer frente a la presión de la protección del medio ambiente y reducir los costos de producción, el proceso de preparación de electrodos de tungsteno de torio se está desarrollando en la dirección de alta eficiencia, verde e inteligencia.

11.3.1 Tecnologías avanzadas de mezcla y dopaje

Mezcla húmeda: Al mezclar polvo de tungsteno y óxido de torio en agua desionizada o etanol, se reduce la salida de polvo y se mejora la uniformidad. En 2023, el Journal of Materials Processing Technology informó de un proceso de mezcla húmeda asistido por ultrasonidos que mejoró la uniformidad de la distribución de partículas de óxido de torio en un 15%.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Coprecipitación química: el polvo dopado homogéneo a nivel atómico se prepara mediante coprecipitación de solución de tungstato y nitrato de torio, que es adecuada para la producción de electrodos de alta gama. El proceso debe equiparse con reactores y centrifugas, y el costo del tratamiento de aguas residuales es alto.

Nanodopaje: Se utilizan partículas de óxido de torio de tamaño nanométrico ($<0,5\ \mu\text{m}$) para mejorar el rendimiento de los electrodos al tiempo que se reduce el dopaje y se reduce el riesgo de radiactividad. En 2024, la Sociedad China de Soldadura informó sobre una tecnología de dopaje por deposición de vapor (CVD), y el contenido de óxido de torio se puede controlar con precisión al $\pm 0,01\%$.

11.3.2 Tecnología de sinterización eficiente

Sinterización por plasma (SPS): el polvo se calienta mediante chispas eléctricas de alta frecuencia, la temperatura de sinterización se reduce a $1800\text{-}2000\ ^\circ\text{C}$, el tiempo se acorta a 5-10 minutos y la densidad del electrodo alcanza el 98% de densidad teórica. SPS reduce el consumo de energía en un 30% y cumple con los requisitos de la fabricación ecológica.

Sinterización por microondas: Usando el calentamiento rápido por microondas, el tiempo de sinterización se acorta a 10-15 minutos y el tamaño del grano es más uniforme ($10\text{-}30\ \mu\text{m}$). En 2023, Ciencia e Ingeniería de Materiales informó que la tasa de quemado de los electrodos de tungsteno y torio sinterizados por microondas se redujo en un 10%.

Sinterización al vacío: sinterización en un entorno de vacío de $10^{-4}\ \text{Pa}$ para evitar la oxidación, adecuado para la producción de electrodos de alta pureza. Los nuevos hornos de vacío (por ejemplo, ALD VIM) están equipados con un sistema de supervisión en línea para aumentar la estabilidad del proceso.

11.3.3 Tecnologías de fabricación ecológicas

Control de polvo: el nuevo mezclador y rectificadora cerrado está equipado con filtro HEPA y sistema de succión de polvo de presión negativa, y la eficiencia de captura de polvo $> 99.9\%$, lo que cumple con los requisitos de GB 18871-2002.

Reciclaje de residuos: Se desarrolló una tecnología de reciclaje de electrodos de residuos para recuperar tungsteno y torio mediante disolución química y separación electrolítica, con una tasa de recuperación del 90%. En 2024, el Journal of Industrial Ecology informó de un proceso de reciclaje de circuito cerrado que redujo la actividad de las aguas residuales a menos de $0,05\ \text{Bq/L}$.

Optimización energética: Reducir las emisiones de carbono mediante el uso de hornos de sinterización de alta eficiencia y fuentes de energía renovables (por ejemplo, energía solar). En 2023, la Corporación Nuclear Nacional de China informó de una reducción del 20% de las emisiones de carbono de su línea de producción de electrodos de tungsteno y torio.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

11.3.4 Producción inteligente

Equipos automatizados: Los sistemas robóticos de mezcla y molienda se utilizan para reducir el contacto manual y reducir el riesgo de exposición a la radiación. Por ejemplo, el sistema de rectificado robótico de ABB logra un error de ángulo de la punta del electrodo de $<1^\circ$.

Monitoreo en línea: Equipado con analizadores en línea XRF y XRD, puede monitorear el contenido de óxido de torio y la estructura del grano en tiempo real para mejorar la consistencia de la calidad.

Optimización de la IA: Utilizando la inteligencia artificial para optimizar las proporciones de dopaje y los parámetros de sinterización, el proceso asistido por IA aumentó la eficiencia de la producción en un 15%, según el 2024 Welding Journal.

11.3.5 Desafíos

Costo: Los nuevos procesos (como SPS, CVD) tienen una alta inversión en equipos y son difíciles de popularizar a corto plazo.

Madurez tecnológica: Las tecnologías de nanodopaje y reciclaje de residuos aún se encuentran en la etapa de laboratorio, y es necesario verificar la viabilidad industrial adicional.

Cumplimiento normativo: La fabricación ecológica debe cumplir con estrictos estándares ambientales, lo que aumenta el costo de la certificación.

11.4 Dirección de mejora del rendimiento del electrodo de tungsteno y torio

A pesar del rápido desarrollo de electrodos no radiactivos, las ventajas de rendimiento de los electrodos de tungsteno y torio en soldadura de alta corriente y alta resistencia aún los hacen insustituibles en escenarios específicos. Las futuras mejoras de rendimiento incluyen:

11.4.1 Estabilidad del arco y rendimiento de iniciación del arco

Objetivo: Para reducir aún más el trabajo de escape de electrones ($<2,6$ eV), aumente la velocidad del arco ($<0,3$ segundos) y la estabilidad del arco (fluctuación de voltaje $\leq \pm 1$ V).

Trayectoria Tecnológica:

El tamaño de partícula de óxido de torio ($0,2-0,5 \mu\text{m}$) se optimizó para mejorar la eficiencia de la emisión térmica de electrones.

Explore las ventajas del dopaje compuesto (por ejemplo, $\text{ThO}_2 + \text{CeO}_2$) en combinación con una variedad de óxidos de tierras raras.

En 2024, Ciencia e Ingeniería de Materiales informó de un electrodo compuesto de $\text{ThO}_2\text{-La}_2\text{O}_3$ con una reducción del 10% en el voltaje de arco.

11.4.2 Tasa de pérdida por quemaduras y vida útil

Objetivo: Reducir la tasa de quemado a $<0,08$ mm/h a 200 A y prolongar la vida útil del electrodo en un 50%.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Trayectoria Tecnológica:

Aumentar la densidad del electrodo (>98% de densidad teórica) y lograr una microestructura más densa mediante sinterización por plasma.

Las técnicas de recubrimiento de superficies, como la aplicación de una capa de óxido de circonio o itrio, mejoran la resistencia a la ablación. En 2023, el Journal of Materials Processing Technology informó de un aumento del 30% en la vida útil de los electrodos recubiertos de zirconio.

Desafío: El proceso de recubrimiento debe garantizar la resistencia del recubrimiento al sustrato y evitar la descamación.

11.4.3 Resistencia a altas temperaturas y resistencia al desgaste

El objetivo: aumentar la dureza (>450 HV) y la resistencia a la fatiga térmica a corrientes más altas (>500 A) y temperaturas (> 20.000 °C).

Trayectoria Tecnológica:

El refinamiento del grano, mediante el control de la temperatura y el tiempo de sinterización, mantiene el tamaño de grano < 20 µm.

Se añaden elementos de refuerzo de trazas (por ejemplo, Zr, Y) para aumentar la resistencia del límite del grano. En 2024, la Sociedad China de Soldadura informó de un electrodo de tungsteno y torio que contenía un 0,1% de óxido de itrio, que tiene un aumento de dureza del 15%.

Desafío: Los elementos de refuerzo pueden afectar el rendimiento del arco y es necesario optimizar la relación.

11.4.4 Perspectivas futuras

Electrodo multifuncional: Desarrollo de electrodos de tungsteno de torio de uso general adecuados para DCEN, CA y soldadura por pulsos para ampliar los escenarios de aplicación.

Diseño inteligente: La IA simula la relación entre la microestructura del electrodo y el rendimiento, y diseña electrodos personalizados para satisfacer las necesidades de industrias específicas.

Electrodo con bajo contenido de torio: Se desarrolla un electrodo con bajo contenido de óxido de torio (<0,5%), combinado con dopaje compuesto, teniendo en cuenta el rendimiento y la seguridad.

11.5 Cambios en la demanda del mercado y desarrollo de la cadena industrial

La demanda del mercado de electrodos de tungsteno y torio se ve afectada por las ventajas de rendimiento, el desarrollo de materiales alternativos y las regulaciones de protección del medio ambiente, y la cadena industrial también está evolucionando en la dirección de la diversificación y la ecologización.

11.5.1 Cambios en la demanda del mercado

Mercado Global:

El tamaño del mercado mundial de electrodos de tungsteno y torio será de aproximadamente \$ 500

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

millones en 2024, lo que representa el 40% del mercado de electrodos de soldadura TIG. Se espera que para 2030, la cuota de mercado caiga al 20% debido a la difusión de materiales alternativos.

Las industrias aeroespacial y nuclear siguen siendo las áreas con mayor demanda de electrodos de tungsteno y torio, representando el 60% de la demanda total, debido a su rendimiento de alta corriente insustituible.

En los mercados de la UE y América del Norte, debido a las regulaciones ambientales, la demanda de electrodos de tungsteno y torio ha disminuido y dominan los electrodos de tungsteno SM y tungsteno cerio.

Mercado chino:

China es el mayor productor mundial de electrodos de tungsteno y torio, representando el 70% de la producción mundial. La demanda interna proviene principalmente de las industrias petroquímica, marina y nuclear, que representan el 80 por ciento de la demanda total.

Con el desarrollo de la fabricación de alta gama (como la aeroespacial), la demanda de electrodos de tungsteno y torio de alto rendimiento (como WT30 y WT40) ha crecido constantemente.

Mercados emergentes:

El sudeste asiático, India y América del Sur son sensibles a los costos, y se espera que la demanda de electrodos de tungsteno y torio crezca a una tasa de crecimiento anual del 5-7%.

11.5.2 Desarrollo de la cadena industrial

Upstream: La extracción de recursos de mineral de tungsteno y torio está restringida por las regulaciones ambientales, y se requieren tecnologías de minería verde, como el beneficio libre de cianuro y la recuperación de relaves.

Midstream: Los fabricantes de electrodos necesitan invertir en equipos de fabricación ecológicos (como hornos de sinterización por plasma) y sistemas de tratamiento de residuos, lo que aumenta los costes entre un 10 y un 20%.

Aguas abajo: Los fabricantes de equipos de soldadura necesitan desarrollar máquinas de soldadura que sean compatibles con electrodos no radiactivos, como máquinas de soldadura TIG pulsada que admitan electrodos de tungsteno SM.

Cadena de reciclaje: Las tecnologías de reciclaje de electrodos usados, como la disolución química y la separación electrolítica, están surgiendo y se espera que aumenten la tasa mundial de reciclaje del 10% actual al 30% para 2030.

11.5.3 Desafíos

Competencia de costos: La disminución del costo de los electrodos no radiactivos (por ejemplo, se espera que los precios de los electrodos de tungsteno SM disminuyan en un 15% dentro de 5 años) exprimirá el mercado de electrodos de tungsteno y torio.

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

Barreras técnicas: Los electrodos de alta gama (como los electrodos compuestos de tierras raras) deben superar el cuello de botella del proceso de producción y reducir el costo de escala.

Diferencias regionales: los países desarrollados están acelerando la eliminación gradual de los electrodos de tungsteno y torio, mientras que los países en desarrollo continúan usándolos debido a las ventajas de costos, por lo que necesitan equilibrar la oferta y la demanda en el mercado global.

11.6 Impacto de las políticas y regulaciones y desarrollo del cumplimiento

Las políticas y regulaciones han tenido un profundo impacto en la producción y el uso de electrodos de tungsteno y torio, promoviendo el desarrollo de la industria en una dirección ecológica y que cumpla con las normas.

11.6.1 Regulaciones internacionales

UE: La Directiva 2013/59/Euratom exige a las empresas que completen la eliminación gradual de los electrodos de tungsteno de torio para 2025, y los electrodos de tungsteno SM y cerio tungsteno se convierten en alternativas obligatorias.

Estados Unidos: La EPA y la OSHA exigen a los fabricantes que equipen instalaciones de monitorización de la radiación y tratamiento de residuos, y California prohibirá la construcción de nuevas líneas de producción de electrodos de tungsteno y torio a partir de 2024.

OIEA: La especificación SSR-6 exige que el embalaje de envío cumpla con las normas de tipo A, lo que aumenta los costos de envío.

11.6.2 Normativa nacional

China: GB 18871-2002 y las Medidas para el Monitoreo de la Radiación Ambiental y la Divulgación de Información de las Empresas Dedicadas al Desarrollo y Utilización de Minerales Radiactivos (para la Implementación de Ensayos) requieren que las empresas presenten informes de radiación de manera regular, y el tratamiento de desechos debe cumplir con una concentración de actividad de <1 Bq/g. En 2023, la Administración Nacional de Seguridad Nuclear reforzará la inspección de las empresas de electrodos de tungsteno y torio.

Nuevas tendencias políticas: Se espera que de 2025 a 2030, China introduzca políticas más estrictas sobre la gestión de materiales radiactivos para promover el desarrollo y la aplicación de electrodos no radiactivos.

11.6.3 Desarrollo del cumplimiento

Requisitos de certificación: Las empresas deben estar certificadas según las normas ISO 14001 (Gestión Ambiental) e ISO 45001 (Seguridad y Salud en el Trabajo) para demostrar que sus procesos productivos cumplen con las normas ambientales y de seguridad.

Cumplimiento técnico: Desarrollo de electrodos con baja o nula ausencia de torio que cumplan con las concentraciones de actividad exentas (1 Bq/g). En 2024, CNNC informó de un electrodo con

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

bajo contenido de torio que contenía un 0,5% de ThO_2 con una concentración de actividad de $< 0,8$ Bq/g.

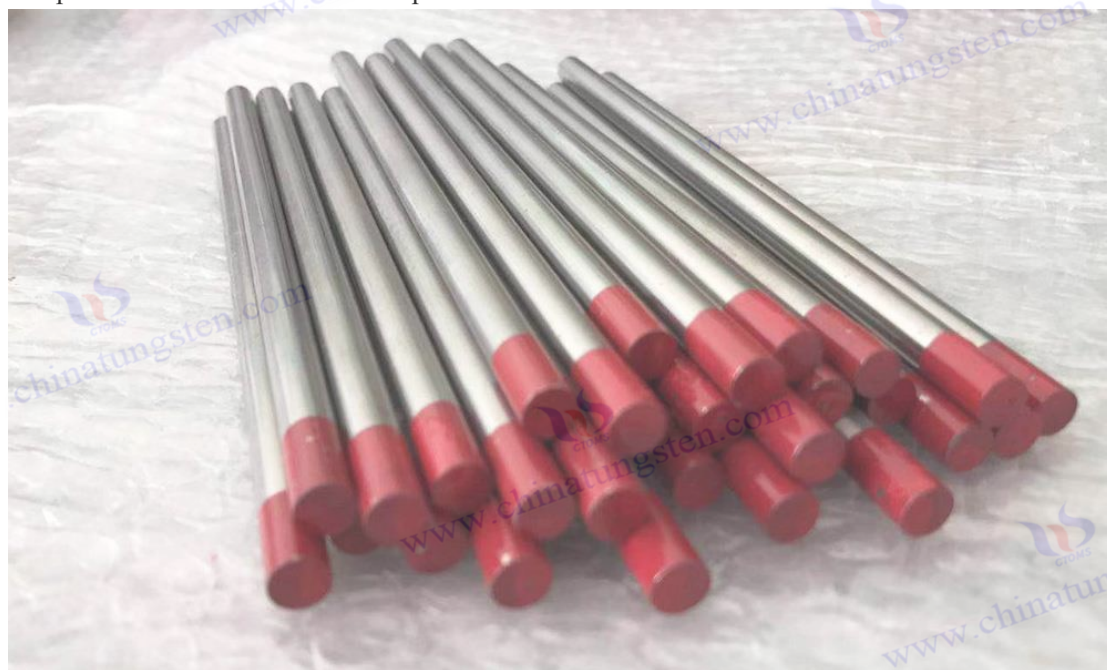
Cooperación internacional: Las empresas chinas deben cooperar con las organizaciones internacionales de normalización (por ejemplo, ISO, OIEA) para garantizar que las exportaciones de electrodos cumplan con las regulaciones globales.

11.6.4 Desafíos

Costo de cumplimiento: Los costos de monitoreo de radiación, tratamiento de desechos y certificación representan entre el 10% y el 15% de los costos de producción, lo que ejerce presión sobre las pequeñas y medianas empresas.

Diferencias regulatorias: Diferentes países tienen diferentes requisitos regulatorios y las empresas exportadoras necesitan personalizar la producción, lo que aumenta la complejidad.

Conversión de tecnología: La transición de electrodos de tungsteno de torio a electrodos no radiactivos requiere una gran inversión en investigación y desarrollo, lo que puede afectar la competitividad del mercado a corto plazo.



ELECTRODO CTIA GROUP LTD WT20

Apéndice

A. Glosario

Electrodo de torio y tungsteno: Un electrodo de aleación que consta de tungsteno y óxido de torio (ThO_2) para aplicaciones de soldadura y arco eléctrico.

Óxido de torio (ThO_2): Un dopante en un electrodo de tungsteno toriado, que tiene trazas de radiactividad y mejora el trabajo de escape de electrones.

Trabajo de Evolución Electrónica: La cantidad mínima de energía requerida para que los electrones escapen de la superficie del material, lo que afecta el rendimiento de iniciación del arco del electrodo.

Soldadura por arco de tungsteno y argón (soldadura TIG): Un proceso de soldadura por arco que utiliza electrodos de tungsteno bajo protección de gas inerte.

Ablación: La pérdida de masa de los electrodos de tungsteno a altas temperaturas de arco, incluida la ablación con óxido y la ablación con tungsteno.

Contaminación Radiactiva : El peligro radiactivo causado por el óxido de torio en la producción y uso de electrodos de tungsteno de torio.

Pulvimetalurgia: el proceso de preparación de electrodos de tungsteno de torio mediante la mezcla, el prensado y la sinterización de polvos metálicos.

Rendimiento de iniciación del arco: qué tan fácil es para el electrodo iniciar un arco durante el proceso de soldadura.

Estabilidad del arco: La capacidad de un arco para permanecer continuo y estable durante el proceso de soldadura.

Tasa de dosis de radiación X-γ: Mida la intensidad de radiación de los rayos X y los rayos γ en el medio ambiente.

α. Contaminación superficial de β: partículas de α y β en la superficie de los electrodos de tungsteno de torio debido a los radionúclidos.

Electrodos no radiactivos: Como cerio tungsteno, electrodos de lantano tungsteno, electrodos alternativos que no contienen materiales radiactivos.

Dopaje: Se añade óxido de torio u otros óxidos de tierras raras a la matriz de tungsteno para mejorar el rendimiento.

Calandrado, esmerilado y pulido: El proceso de formar electrodos de tungsteno de torio y mejorar la calidad de la superficie a través del procesamiento mecánico.

Residuos radiactivos: Residuos que contienen óxido de torio, aguas residuales y residuos sólidos generados durante el proceso de producción.

B. Referencias

[1] ISO 6848:2015, Soldadura y corte por arco — Electrodos de tungsteno no consumibles — Clasificación.

[2] AWS A5.12/A5.12M:2009, Especificación para electrodos de tungsteno y tungsteno disperso por óxido para soldadura y corte por arco.

[3] GB/T 4187-2017, Electrodos de tungsteno para soldadura por arco de gas inerte de tungsteno y soldadura por plasma.

[4] Miller Electric Mfg. Co., Directrices para seleccionar electrodos de tungsteno, 2020.

[5] Manual de soldadura, volumen 2: Procesos de soldadura, Sociedad Americana de Soldadura,

Declaración de Derechos de Autor y Responsabilidad Legal

2010.

- [6] Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR), Publicación 103, 2007.
- [7] Zhang, W., et al., "Avances en materiales de electrodos de tungsteno para soldadura TIG", Ciencia e ingeniería de materiales, 2018.
- [8] Asociación Europea de Soldadura, Informe técnico sobre electrodos de torio y tungsteno, 2015.
- [9] Li, H., et al., "Impactos ambientales y de salud de los electrodos a base de torio", Journal of Industrial Ecology, 2020.
- [10] Wang, Y., "Desarrollo de electrodos de tungsteno no radiactivos", Welding Journal, 2022.
- [11] GB 18871-2002, Norma básica para la protección contra la radiación ionizante y la seguridad de las fuentes de radiación.
- [12] Chen, L., "Técnicas de metalurgia en polvo para electrodos a base de tungsteno", Journal of Materials Processing Technology, 2019.
- [13] Liu, X., Técnicas de protección radiactiva en la producción de electrodos de tungsteno de torio, China Welding Journal, 2021.
- [14] Manual de equipos de pulvimetalurgia, ASM International, 2017.