

Энциклопедия ториевого вольфрамового электрода

中钨智造科技有限公司
CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

Мировой лидер в области интеллектуального производства для вольфрамовой,
молибденовой и редкоземельной промышленности

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

ЗНАКОМСТВО С CTIA GROUP

CTIA GROUP LTD, дочерняя компания с независимой правосубъектностью, учрежденная CHINATUNGSTEN ONLINE, занимается продвижением интеллектуального, интегрированного и гибкого проектирования и производства вольфрамовых и молибденовых материалов в эпоху промышленного интернета. CHINATUNGSTEN ONLINE, основанная в 1997 году с www.chinatungsten.com в качестве отправной точки — первый в Китае веб-сайт высшего уровня по вольфрамовым продуктам — является новаторской компанией электронной коммерции в стране, специализирующейся на вольфрамовой, молибденовой и редкоземельной промышленности. Опираясь на почти тридцатилетний опыт работы в области вольфрама и молибдена, CTIA GROUP наследует исключительные возможности своей материнской компании в области проектирования и производства, превосходные услуги и глобальную деловую репутацию, став поставщиком комплексных прикладных решений в области химических веществ вольфрама, металлов вольфрама, твердых сплавов, сплавов высокой плотности, молибдена и молибденовых сплавов.

За последние 30 лет CHINATUNGSTEN ONLINE создала более 200 многоязычных профессиональных веб-сайтов по вольфраму и молибдену, охватывающих более 20 языков, с более чем миллионом страниц новостей, цен и анализа рынка, связанных с вольфрамом, молибденом и редкоземельными элементами. С 2013 года официальный аккаунт WeChat «CHINATUNGSTEN ONLINE» опубликовал более 40 000 единиц информации, обслуживая почти 100 000 подписчиков и ежедневно предоставляя бесплатную информацию сотням тысяч профессионалов отрасли по всему миру. Благодаря совокупному количеству посещений веб-сайта и официального аккаунта, достигнутому миллиардов раз, компания стала признанным глобальным и авторитетным информационным центром для вольфрамовой, молибденовой и редкоземельной отраслей, предоставляющим 24/7 многоязычные новости, характеристики продукции, рыночные цены и услуги по рыночным тенденциям.

Опираясь на технологии и опыт CHINATUNGSTEN ONLINE, CTIA GROUP фокусируется на удовлетворении индивидуальных потребностей клиентов. Используя технологию искусственного интеллекта, она совместно с клиентами разрабатывает и производит вольфрамовые и молибденовые изделия с определенным химическим составом и физическими свойствами (такими как размер частиц, плотность, твердость, прочность, размеры и допуски). Она предлагает комплексные интегрированные услуги, начиная от вскрытия пресс-форм, пробного производства и заканчивая отделкой, упаковкой и логистикой. За последние 30 лет компания CHINATUNGSTEN ONLINE предоставила услуги по исследованиям и разработкам, проектированию и производству более 500 000 видов вольфрамовых и молибденовых изделий для более чем 130 000 клиентов по всему миру, заложив основу для индивидуального, гибкого и интеллектуального производства. Опираясь на эту основу, CTIA GROUP еще больше углубляет интеллектуальное производство и интегрированные инновации в области вольфрама и молибдена в эпоху промышленного интернета.

Д-р Ханн и его команда в CTIA GROUP, основываясь на своем более чем 30-летнем опыте работы в отрасли, также написали и обнародовали знания, технологии, цены на вольфрам и рыночные тенденции, связанные с вольфрамом, молибденом и редкоземельными элементами, свободно делясь ими с вольфрамовой промышленностью. Д-р Хан, обладая более чем 30-летним опытом работы с 1990-х годов в электронной коммерции и международной торговле вольфрамовыми и молибденовыми изделиями, а также в разработке и производстве цементированных карбидов и сплавов высокой плотности, является признанным экспертом в области вольфрама и молибдена как внутри страны, так и за рубежом. Придерживаясь принципа предоставления профессиональной и качественной информации отрасли, команда CTIA GROUP постоянно пишет технические исследовательские работы, статьи и отраслевые отчеты, основанные на производственной практике и потребностях клиентов на рынке, завоевав широкое признание в отрасли. Эти достижения обеспечивают надежную поддержку технологических инноваций, продвижения продукции и отраслевых обменов CTIA GROUP, что позволяет ей стать лидером в мировом производстве вольфрамовой и молибденовой продукции и информационных услугах.



Заявление об авторских правах и юридической ответственности

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 (ThO₂). 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

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Каталог

Глава 1 Введение

- 1.1 Определение и обзор ториевого вольфрамового электрода
- 1.2 Важность ториевого вольфрамового электрода в сварочной промышленности
- 1.3 Предпосылки исследований и применения

Глава 2 Типы ториевых вольфрамовых электродов

- 2.1 Ториевые вольфрамовые электроды классифицируются в зависимости от содержания оксида тория
 - 2.1.1 WT10 (Желтая краска)
 - 2.1.2 WT20 (Красная краска)
 - 2.1.3 WT30 (Фиолетовая краска)
 - 2.1.4 WT40 (Оранжевая краска)
- 2.2 Ториевые вольфрамовые электроды классифицируются в соответствии со сценариями применения
 - 2.2.1 Ториевый вольфрамовый электрод для сварки постоянным током
 - 2.2.2 Ториевый вольфрамовый электрод для сварки переменным током (специальная сцена)
- 2.3 Сравнение ториевого вольфрамового электрода с другими вольфрамовыми электродами
 - 2.3.1 Электрод из чистого вольфрама
 - 2.3.2 Цериевый вольфрамовый электрод
 - 2.3.3 Вольфрамовый электрод из лантана
 - 2.3.4 Циркониевый вольфрамовый электрод
 - 2.3.5 Иттриевый вольфрамовый электрод

Глава 3 Характеристики ториевого вольфрамового электрода

- 3.1 Физические свойства ториевого вольфрамового электрода
 - 3.1.1 Высокая температура плавления и термическая стабильность ториевого вольфрамового электрода
 - 3.1.2 Электронная работа ториевого вольфрамового электрода
 - 3.1.3 Проводимость и механические свойства ториевого вольфрамового электрода
- 3.2 Химические свойства ториевого вольфрамового электрода
 - 3.2.1 Стойкость к окислению ториевого вольфрамового электрода
 - 3.2.2 Химическая стабильность ториевого вольфрамового электрода
- 3.3 Сварочные характеристики ториевого вольфрамового электрода
 - 3.3.1 Эффективность инициирования дуги ториевого вольфрамового электрода
 - 3.3.2 Стабильность дуги ториевого вольфрамового электрода
 - 3.3.3 Скорость выгорания электрода ториевого вольфрама
 - 3.3.4 Производительность ториевого вольфрамового электрода при высоких токах нагрузки
- 3.4 Радиоактивные свойства ториевого вольфрамового электрода
 - 3.4.1 Следовая радиоактивность оксида тория
 - 3.4.2 Воздействие на здоровье человека и окружающую среду
 - 3.4.3 Сравнение ториевого вольфрамового электрода с нерадиоактивным электродом

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

3.5 Ториевый вольфрамовый электрод MSDS от CTIA GROUP LTD

Глава 4 Подготовка и технология производства ториевого вольфрамового электрода

- 4.1 Подготовка сырья для ториевого вольфрамового электрода
 - 4.1.1 Выбор и очистка вольфрамового порошка
 - 4.1.2 Процесс легирования оксидом тория
- 4.2 Процесс порошковой металлургии ториевого вольфрамового электрода
 - 4.2.1 Смешивание и прессование
 - 4.2.2 Процесс спекания
 - 4.2.3 Термическая обработка и контроль зерна
- 4.3 Процесс прокатки и шлифования ториевого вольфрамового электрода
 - 4.3.1 Формовка электродных стержней
 - 4.3.2 Полировка поверхности и контроль точности
- 4.4 Контроль качества ториевого вольфрамового электрода
 - 4.4.1 Испытание на однородность ингредиентов
 - 4.4.2 Контроль размеров и качества поверхности
- 4.5 Предупреждение и контроль радиоактивного загрязнения ториевого вольфрамового электрода
 - 4.5.1 Обращение с радиоактивными отходами в производственном процессе
 - 4.5.2 Меры защиты и требования к оборудованию
 - 4.5.3 Очистка сточных вод и твердых отходов

Глава 5 Использование ториевого вольфрамового электрода

- 5.1 Применение ториевого вольфрамового электрода в области сварки
 - 5.1.1 Сварка вольфрамом в среде инертного газа (TIG)
 - 5.1.2 Плазменная сварка
 - 5.1.3 Анодная сварка постоянным током (углеродистая сталь, нержавеющая сталь, никелевый сплав, титановый сплав и т. Д.)
- 5.2 Применение ториевого вольфрамового электрода в других отраслях промышленности
 - 5.2.1 Катодные материалы в вакуумной электронике
 - 5.2.2 Дуговая резка и инициирование дуги
- 5.3 Ограничения сценариев применения ториевых вольфрамовых электродов
 - 5.3.1 Сценарии использования радиоактивных веществ
 - 5.3.2 Тенденции применения альтернативных электродов

Глава 6 Производственное оборудование для ториевых вольфрамовых электродов

- 6.1 Оборудование для обработки сырья для ториевых вольфрамовых электродов
 - 6.1.1 Оборудование для измельчения и просеивания вольфрамового порошка
 - 6.1.2 Оборудование для легирования оксидом тория
- 6.2 Оборудование для порошковой металлургии для ториевых вольфрамовых электродов
 - 6.2.1 Смесители
 - 6.2.2 Прессы
 - 6.2.3 Высокотемпературная печь для спекания

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

6.3 Формовочное и технологическое оборудование для ториевых вольфрамовых электродов

6.3.1 Календарные

6.3.2 Шлифовальное и полировальное оборудование

6.4 Радиозащитные средства для ториевых вольфрамовых электродов

6.4.1 Специальная шлифовальная машина и система удаления пыли

6.4.2 Корпуса и вентиляционное оборудование

6.4.3 Оборудование для захоронения радиоактивных отходов

6.5 Испытательное оборудование для ториевых вольфрамовых электродов

6.5.1 Детектор мощности дозы излучения X-γ

6.5.2 α, β Детектор поверхностного загрязнения

Глава 7 Отечественные и зарубежные стандарты на ториевые вольфрамовые электроды

7.1 Международные стандарты для ториевых вольфрамовых электродов

7.1.1 ISO 6848:2015 (Классификация и требования к вольфрамовым электродам)

7.1.2 AWS A5.12/A5.12M (Спецификация вольфрамового электрода Американского института сварки)

7.1.3 EN 26848 (Европейский стандарт для вольфрамовых электродов)

7.2 Отечественные стандарты на ториевые вольфрамовые электроды

7.2.1 GB/T 4187-2017 (Национальный стандарт на вольфрамовые электроды)

7.2.2 GB 18871-2002 (Базовый стандарт по защите от ионизирующих излучений и безопасности источников ионизирующего излучения)

7.2.3 Мероприятия по радиационному контролю окружающей среды и раскрытию информации о предприятиях по разработке и утилизации попутных радиоактивных полезных ископаемых (для опытного внедрения)

7.3 Нормы радиоактивной безопасности для ториевых вольфрамовых электродов

7.3.1 Концентрация тория-232 в качестве исключенной активности (1 Бк/г)

7.3.2 Требования к защите при производстве и использовании

Глава 8 Методы обнаружения ториевого вольфрамового электрода

8.1 Определение химического состава ториевого вольфрамового электрода

8.1.1 Анализ содержания оксида тория

8.1.2 Определение содержания примесей

8.2 Испытание физических свойств ториевого вольфрамового электрода

8.2.1 Испытание на плотность и твердость

8.2.2 Анализ структуры зерна

8.3 Обнаружение радиоактивности ториевого вольфрамового электрода

8.3.1 Определение мощности дозы облучения X-γ

8.3.2 α, β Обнаружение поверхностного загрязнения

8.3.3 Радиационный контроль окружающей среды

8.4 Испытание сварочных характеристик ториевого вольфрамового электрода

8.4.1 Тест на производительность дуги

8.4.2 Испытание на стабильность дуги и скорость горения

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

8.5 Испытательное оборудование и калибровка ториевого вольфрамового электрода

8.5.1 Требования к калибровке испытательных приборов

8.5.2 Условия тестирования и эксплуатационные характеристики

Глава 9 Преимущества и недостатки ториевого вольфрамового электрода

9.1 Преимущества ториевого вольфрамового электрода

9.1.1 Превосходные сварочные характеристики

9.1.2 Прочность при высоких температурах и износостойкость

9.2 Недостатки ториевого вольфрамового электрода

9.2.1 Опасность радиоактивного загрязнения

9.2.2 Воздействие на окружающую среду и здоровье человека

Глава 10 Хранение, транспортировка и управление безопасностью ториевых вольфрамовых электродов

10.1 Требования к окружающей среде и условиям хранения

10.2 Стандарты упаковки и меры защиты

10.3 Меры безопасности во время транспортировки

10.4 Практика управления безопасностью радиоактивных материалов

10.5 Управление чрезвычайными ситуациями и предотвращение несчастных случаев

Глава 11 Будущие тенденции развития и проблемы ториевого вольфрамового электрода

11.1 Прогресс в исследованиях и разработках альтернативных материалов для ториевого вольфрамового электрода

11.2 Охрана окружающей среды и давление радиологической безопасности

11.3 Новые процессы подготовки и экологичное производство

11.4 Направление улучшения характеристик ториевого вольфрамового электрода

11.5 Изменение рыночного спроса и развитие производственной цепочки

11.6 Влияние политик и нормативных актов и разработка нормативно-правового соответствия

Приложение

A. Глоссарий

B. Ссылки

Глава 1 Введение

1.1 Определение и обзор ториевого вольфрамового электрода

Ториевый вольфрамовый электрод представляет собой легированный электрод с высокочистым вольфрамом в качестве матрицы и легированный небольшим количеством оксида тория (ThO_2 , обычно от 0,9% до 4,2%), который широко используется в процессах высокоточной сварки, таких как вольфрамовая сварка в среде инертного газа (сварка TIG). Его основной компонент, вольфрам, обладает чрезвычайно высокой температурой плавления (около 3422°C) и отличной электропроводностью, в то время как добавление оксида тория значительно снижает электронную работу электрода (около 2,63 эВ), тем самым улучшая характеристики инициирования дуги и стабильность дуги. Ториевые вольфрамовые электроды обычно классифицируются по различному содержанию оксида тория, и наиболее распространенными моделями в мире являются WT10 (0,9-1,2% ThO_2 , желтое покрытие), WT20 (1,8-2,2% ThO_2 , красное покрытие), WT30 (2,8-3,2% ThO_2 , фиолетовый аппликатор) и WT40 (3,8-4,2% ThO_2 , оранжево-желтый аппликатор). Эти модели имеют цветовую маркировку для легкой дифференциации при производстве и использовании.

Внешний вид ториевых вольфрамовых электродов имеет форму стержня, обычно от 0,5 мм до 10 мм в диаметре, а длина обычно составляет 150 мм или 175 мм, а поверхность прецизионно отшлифована и отполирована для обеспечения стабильности в процессе сварки. Его уникальные свойства обусловлены высокой температурой плавления вольфрама и способностью оксида тория к термической электронной эмиссии, что позволяет ему поддерживать стабильную дугу при высоких токовых нагрузках при одновременном снижении выгорания электродов. Легирование оксида тория не только повышает устойчивость электрода к высоким температурам, но и делает его отличным при сварке анодом постоянного тока (DCEN), особенно подходящим для сварки углеродистой стали, нержавеющей стали, никелевого сплава и титанового сплава.

Тем не менее, ториевые вольфрамовые электроды характеризуются следовыми значениями радиоактивности (в основном излучением α и β частиц из-за содержания в них оксида тория, что делает их требующими особых мер предосторожности при производстве, хранении и использовании. Несмотря на низкий уровень радиоактивности тория-232 (концентрация тория-232 составляет 1 Бк/г), долгосрочное воздействие все же может иметь потенциальные последствия для здоровья и окружающей среды. Поэтому в последние годы нерадиоактивные электроды, такие как цериевый вольфрам и лантановый вольфрам, постепенно стали заменителями, но ториевые вольфрамовые электроды по-прежнему занимают важное место в определенных областях благодаря своим отличным сварочным свойствам.

1.2 Значение ториевых вольфрамовых электродов в сварочной промышленности

Ториевые вольфрамовые электроды имеют незаменимое значение в сварочной промышленности, особенно в высокоточных процессах, таких как аргодуговая сварка вольфрама (сварка TIG) и плазменная сварка. Сварка TIG — это метод сварки, при котором используется инертный газ (например, аргон или гелий) для защиты дуги и сварочной ванны,

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

и который широко используется в аэрокосмической, атомной промышленности, автомобилестроении и судостроении. Ториевые вольфрамовые электроды стали предпочтительным материалом для сварки TIG благодаря их превосходным характеристикам зарождения дуги и стабильности дуги.

Прежде всего, ториевый вольфрамовый электрод хорошо работает при сварке анодом постоянного тока. Его низкая работа по улету электронов позволяет электроду легко инициировать зажигание дуги, а дуга остается стабильной при высоких токах, уменьшая разбрызгивание и сварочные дефекты. Это особенно важно для сварки металлов с высокой температурой плавления, таких как титановые сплавы и нержавеющие стали. Например, в аэрокосмической промышленности, где сварка титановых деталей требует чрезвычайно высокой точности и качества поверхности, ториевые вольфрамовые электроды обеспечивают однородность и прочность сварного шва. Кроме того, низкая скорость выгорания ториевых вольфрамовых электродов при высоких токовых нагрузках продлевает срок службы электродов и снижает производственные затраты.

Во-вторых, высокая проводимость и термическая стабильность ториевых вольфрамовых электродов делают их пригодными для сварки широкого спектра материалов, включая углеродистую сталь, легированную сталь, медные сплавы и сплавы на основе никеля. Электроды с различным содержанием оксида тория, такие как WT20 и WT40, могут быть выбраны в зависимости от сварочного тока и типа материала для удовлетворения различных технологических потребностей. Например, WT20 наиболее широко используется при сварке средними токами из-за умеренного содержания оксида тория (1,8-2,2%), в то время как WT40 больше подходит для сильноточных промышленных сценариев с тяжелыми условиями эксплуатации.

Кроме того, ториевые вольфрамовые электроды также имеют важное применение в плазменной сварке и дуговой резке. Плазменная сварка требует, чтобы электрод сохранял стабильность в высокотемпературной плазменной среде и под высоким давлением, а устойчивость ториевых вольфрамовых электродов к высоким температурам делает его идеальным выбором. При дуговой резке ториевые вольфрамовые электроды могут обеспечить высокопрочную дугу, обеспечивающую эффективность и точность резки. Эти свойства делают ториевые вольфрамовые электроды незаменимыми в современной промышленности, и хотя их проблемы с радиоактивностью привели к изучению альтернативных материалов, их преимущества в конкретных сценариях с высоким спросом все еще трудно полностью заменить.

1.3 Предпосылки исследований и применения

Разработка и применение ториевых вольфрамовых электродов началось в начале 20-го века и постепенно развивалось с развитием технологии дуговой сварки. Вольфрам является идеальным выбором для электродных материалов из-за его высокой температуры плавления и отличной электропроводности, но сложность завязывания дуги и нестабильность дуги чистых вольфрамовых электродов при высоких токах ограничивают его применение. В 30-х

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

годах 20 века исследователи обнаружили, что производительность вольфрамовых электродов можно значительно улучшить, легировав небольшим количеством оксида тория. Открытие того, что низкая электронная работа оксида тория снижает энергию, необходимую для зажигания дуги, при этом улучшая долговечность электрода при высоких температурах, привело к широкому применению ториевых вольфрамовых электродов.

В последующие десятилетия процесс подготовки ториевых вольфрамовых электродов продолжал совершенствоваться. Внедрение технологии порошковой металлургии позволило получить равномерное распределение оксида тория, что улучшает качество и консистенцию электродов. В 80-х годах 20 века, с популяризацией технологии сварки TIG, ториевые вольфрамовые электроды стали основными материалами в сварочной промышленности, а также были сформулированы международные стандарты (такие как ISO 6848 и AWS A5.12) для регулирования их производства и использования.

Тем не менее, радиоактивность ториевых вольфрамовых электродов постепенно привлекла к себе внимание. Торий-232 в оксиде тория является природным радиоактивным элементом, и его распад выделяет α частиц и небольшое количество β и γ излучения. Несмотря на низкий уровень радиоактивности, он все же может представлять потенциальную опасность для здоровья работников и окружающей среды во время производства и использования, например, пыль, образующаяся при шлифовании электродов. С 90-х годов 20 века европейские и американские страны начали продвигать исследования и разработки нерадиоактивных электродов, и на рынок постепенно вышли цериевые вольфрамовые электроды (WC20) и лантановые вольфрамовые электроды (WL20). Эти альтернативные электроды по своим характеристикам близки к ториевым вольфрамовым электродам и не имеют радиоактивного риска, поэтому на некоторых участках они постепенно вытесняют ториевые вольфрамовые электроды.

Несмотря на это, ториевые вольфрамовые электроды по-прежнему обладают уникальными преимуществами в некоторых требовательных областях. Например, в атомной и аэрокосмической промышленности ториево-вольфрамовые электроды по-прежнему являются предпочтительным материалом из-за их превосходной стабильности дуги и высокой термостойкости. В последние годы акцент исследований сместился на оптимизацию процесса производства ториевых вольфрамовых электродов для снижения радиоактивного загрязнения, а также на изучение новых легирующих материалов для дальнейшего улучшения характеристик. Кроме того, в связи со все более строгими экологическими нормами производство и использование ториевых вольфрамовых электродов становится все более ограниченным, что побуждает отрасль разрабатывать более безопасные и экологически чистые альтернативы.

Во всем мире продолжается применение и исследования ториевых вольфрамовых электродов. Являясь крупной страной по запасам вольфрама, Китай занимает важное положение в производстве и экспорте ториевых вольфрамовых электродов, и связанные с ним предприятия продолжают совершенствовать свои производственные процессы в

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

соответствии с международными стандартами. В то же время спрос на ториевые вольфрамовые электроды в международной сварочной промышленности остается высоким, особенно в развивающихся странах и в отдельных отраслях промышленности. В будущем, с развитием новых материалов и процессов, роль ториевых вольфрамовых электродов может измениться, но их важное положение в истории сварочных технологий неоспоримо.



CTIA GROUP LTD ЭЛЕКТРОД WT20

Глава 2 Типы ториевых вольфрамовых электродов

В качестве основных расходных материалов при сварке вольфрама в среде инертного газа (сварка TIG) и плазменной сварке существует множество типов ториевых вольфрамовых электродов, которые можно тщательно классифицировать в соответствии с различным содержанием оксида тория и сценариями применения. Классификация ториевых вольфрамовых электродов не только отражает различия в их химическом составе и физических свойствах, но и отражает их применимость в различных сварочных процессах и промышленных сценариях. В этой главе будет подробно рассмотрена классификация ториевых вольфрамовых электродов по содержанию оксида тория, классификация по сценарию применения и сравнение с другими типами вольфрамовых электродов.

2.1 Ториевые вольфрамовые электроды классифицируются в зависимости от содержания оксида тория

Основные характеристики ториевого вольфрамового электрода выводятся из легированного оксида тория (ThO_2) в вольфрамовой матрице, а его содержание напрямую влияет на электронную работу электрода, стабильность дуги, скорость выгорания и применимый диапазон тока. Международные стандарты (например, ISO 6848:2015 и AWS A5.12/A5.12M) классифицируют ториевые вольфрамовые электроды на несколько моделей в зависимости от содержания в них оксида тория и идентифицируют их с помощью аппликаторов разных

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

цветов для легкой дифференциации при производстве и использовании. Ниже приведены четыре распространенные модели: WT10, WT20, WT30 и WT40, каждая из которых имеет значительные различия в производительности и сценариях приложений.

2.1.1 WT10 (Желтая краска)

Ториевый вольфрамовый электрод WT10 содержит 0,8-1,2% ториевого вольфрамового электрода, который относится к типу ториевых вольфрамовых электродов с наименьшим содержанием оксида тория и имеет желтую головку покрытия. Низкое содержание оксида тория обеспечивает баланс между работой электронов и производительностью сварки, что делает его пригодным для сварочных работ с низким и средним током.

Тактико-технические характеристики:

Работа электронов электрода WT10 составляет около 2,63 эВ, что ниже, чем у чистого вольфрамового электрода (около 4,5 эВ), что значительно снижает энергию, необходимую для зажигания дуги, что делает его хорошим зажиганием дуги в условиях низкого тока (обычно 50-150 А). Стабильность дуги лучше, особенно при сварке отрицательным электродом постоянного тока (DCEN), где дуга сосредоточена и разбрызгивается меньше. Из-за низкого содержания оксида тория WT10 имеет относительно высокую скорость выгорания, особенно при высоких расходах тока или при длительных периодах непрерывной сварки, где кончик электрода может быть слегка расплавлен или истощен торием.

Уровень радиоактивности WT10 является самым низким среди всех торий-вольфрамовых электродов, а концентрация активности тория-232 близка к норме исключения (1 Бк/г), поэтому требования к радиационной защите при производстве и использовании относительно мягкие. Это делает его предпочтительным электродом для радиоактивных промышленных применений, таких как производство медицинского оборудования.

Сценарии применения

WT10 в основном используется для сварки тонких пластин и прецизионной сварки слабыми токами и подходит для таких материалов, как углеродистая сталь, нержавеющая сталь и медные сплавы. Например, при производстве велосипедных рам электроды WT10 способны обеспечить стабильную дугу, снизить перегрев сварного шва и обеспечить высокое качество соединений. Кроме того, WT10 также может использоваться в процессах микросварки TIG, таких как прецизионная сварка электронных компонентов.

Плюсы и минусы:

Преимущества: низкая радиоактивность, хорошие характеристики инициирования дуги, подходит для сварки слабым током, относительно низкая стоимость.

Недостатки: Высокая скорость выгорания при сильном токе, не подходит для большой нагрузки или длительной непрерывной сварки.

Меры предосторожности при производстве и использовании

При производстве электродов WT10 необходимо обеспечить равномерное распределение

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

оксида тория, чтобы избежать локальных неравномерных характеристик. При использовании рекомендуется использовать соответствующий угол шлифования (обычно 15°-30°) для оптимизации концентрации дуги. Кроме того, в процессе измельчения требуются специальные шлифовальные машины и оборудование для удаления пыли, чтобы снизить риск вдыхания ториевой пыли.

2.1.2 WT20 (красная краска)

WT20 в настоящее время является наиболее широко используемым типом ториевого вольфрамового электрода с содержанием оксида тория 1,7-2,2% и идентифицируется красным покрытием. Умеренное содержание оксида тория позволяет достичь наилучшего баланса между производительностью, стоимостью и применимостью и широко используется в промышленной сварке.

Тактико-технические характеристики:

Электронная работа электрода WT20 аналогична работе электрода WT10, но его стабильность дуги дополнительно улучшена из-за более высокого содержания оксида тория, что делает его пригодным для диапазона средних и высоких токов (100-300 А). При сварке анодным электродом постоянного тока WT20 способен поддерживать концентрированную и стабильную дугу, уменьшая количество дефектов сварного шва. По сравнению с WT10, WT20 имеет более низкую скорость выгорания, а наконечник электрода более долговечен при высоких температурах, что делает его пригодным для непрерывной сварки в течение более длительных периодов времени.

WT20 имеет несколько более высокий уровень радиоактивности, чем WT10, но все еще находится в безопасном диапазоне. Меры защиты при производстве и использовании должны строго соответствовать соответствующим стандартам (таким как GB 18871-2002), включая ношение защитных масок и использование вентиляционного оборудования.

Сценарии применения

WT20 является «универсальным» электродом в сварке TIG, который широко используется при сварке нержавеющей стали, углеродистой стали, никелевых сплавов и титановых сплавов. В аэрокосмической отрасли WT20 обычно используется для сварки компонентов из титанового сплава, например, для изготовления лопаток авиационных двигателей, где его стабильная дуга и низкая скорость прогара обеспечивают высокое качество сварных швов. В нефтехимической промышленности WT20 также широко используется для сварки труб, особенно для соединения коррозионноустойчивых материалов в суровых условиях.

Плюсы и минусы:

Преимущества: высокая стабильность дуги, низкая скорость выгорания, широкий диапазон применяемого тока, подходит для различных материалов.

Недостатки: Несколько более высокая радиоактивность, требуется строгая защита; Стоимость выше, чем у WT10.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Меры предосторожности при производстве и использовании

Производство WT20 требует точного контроля коэффициента легирования оксида тория для обеспечения стабильной производительности. При использовании рекомендуется использовать угол шлифовки 20°-35°, а также регулярно проверять состояние наконечника электрода при сварке под высоким током, чтобы избежать потери тория, влияющей на качество сварки. Шлифовальная пыль должна быть правильно собрана и утилизирована, чтобы предотвратить загрязнение окружающей среды.

2.1.3 WT30 (Фиолетовая краска)

Электрод WT30 содержит 2,8-3,2% оксида тория и имеет головку с фиолетовым покрытием, что делает его пригодным для сильноточной и интенсивной пайки. Высокое содержание оксида тория значительно повышает устойчивость электрода к высоким температурам и дуговую стабильность.

Тактико-технические характеристики:

Электронная работа WT30 немного ниже, чем у WT20, что еще больше снижает сложность дугового разряда, и дуга остается стабильной при больших токах (200-400 А). Его скорость выгорания самая низкая среди ториевых вольфрамовых электродов, а наконечник электрода нелегко расплавить или деформировать при высокой температуре и высоком давлении, что подходит для длительной непрерывной сварки. Превосходная проводимость и термическая стабильность WT30 делают его превосходным в тяжелых промышленных сценариях.

Однако высокое содержание оксида тория приводит к более высокому уровню радиоактивности и более строгим требованиям к защите при производстве и использовании. Операторы обязаны носить защитное снаряжение и обеспечивать хорошую вентиляцию рабочей среды.

Сценарии применения

WT30 в основном используется для сварки толстых листов и изготовления тяжелых конструкционных деталей, таких как сварка стальных листов в судостроении, сварка сосудов под давлением на атомных электростанциях, а также сборка крупных машин и оборудования. Его способность поддерживать стабильную дугу при высоких токах делает его пригодным для сварки материалов с высокой температурой плавления, таких как титановые сплавы и сплавы на основе никеля. Кроме того, WT30 также можно использовать для плазменной сварки и дуговой резки, где требуются электроды для поддержания производительности в экстремальных условиях.

Плюсы и минусы:

Преимущества: отличная стабильность дуги, очень низкая скорость выгорания, подходит для сильноточной и тяжелой сварки.

Недостатки: высокая радиоактивность, высокая стоимость защиты; Стоимость выше, чем у WT10 и WT20.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Меры предосторожности при производстве и использовании

Производство WT30 требует высокоточного процесса порошковой металлургии, который обеспечивает равномерное распределение оксида тория во избежание локализованных дефектов. При использовании рекомендуется иметь угол шлифования 25° - 40° для оптимизации концентрации дуги и долговечности. Во время шлифовки и использования необходимо строго соблюдать технические условия радиоактивной защиты, а также быть оборудованным специальным сборным устройством для борьбы с ториевой пылью.

2.1.4 WT40 (Оранжевая краска)

Электрод WT40 содержит 3,8-4,2% оксида тория, идентифицированный оранжево-желтой головкой покрытия, и является моделью вольфрамового электрода с самым высоким содержанием оксида тория и высоким содержанием оксида тория, предназначенного для сварки с экстремально высоким током и в тяжелых условиях.

Тактико-технические характеристики:

WT40 обладает самой низкой электронной мощностью (около 2,6 эВ) и отличными характеристиками инициирования дуги, поддерживая стабильную дугу даже при сверхвысоких токах (300-500 А). Скорость его выгорания крайне низкая, а наконечник электрода практически не имеет явных потерь при длительной высокотемпературной работе, что подходит для экстремальных промышленных сценариев. WT40 чрезвычайно термически стабилен и механически прочен, а также способен выдерживать удары дуги высокой интенсивности.

Тем не менее, WT40 имеет самый высокий уровень радиоактивности, а концентрация активности тория-232 близка к норме исключения или немного превышает ее, а требования к радиационной защите при производстве и использовании являются наиболее жесткими. Операторы должны быть полностью оснащены защитными средствами, а рабочие места – эффективными системами вентиляции и пылеулавливания.

Сценарии применения

WT40 в основном используется для сварки сверхтолстых листов и промышленных применений в экстремальных условиях, таких как сварка корпусов ядерных реакторов, соединение крупных конструкций из титановых сплавов в аэрокосмической промышленности и производство тяжелого машиностроения. При плазменной резке WT40 также может обеспечить высокопрочную дугу, обеспечивающую эффективность и точность резки. Его долговечность в сценариях с высокой нагрузкой делает его лучшим выбором для специальных промышленных применений.

Плюсы и минусы:

Преимущества: Оптимальная стабильность дуги, самая низкая скорость выгорания, подходит для сверхвысоких токов и экстремальных условий.

Недостатки: высокая радиоактивность, крайне высокая стоимость защиты; Высокие затраты на производство и эксплуатацию.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

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 (ThO₂). 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

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Меры предосторожности при производстве и использовании

Производство WT40 требует использования высокоточного оборудования для контроля легирования и распределения оксида тория, а процесс спекания должен осуществляться в условиях высокотемпературного вакуума для обеспечения качества. При использовании рекомендуемый угол шлифования составляет 30°-45° для удовлетворения высоких требований к току. Строгое соблюдение норм радиоактивной безопасности при шлифовании и сварке и регулярный контроль уровня радиации окружающей среды.

2.2 Ториевые вольфрамовые электроды классифицируются в зависимости от сценариев применения

Сценарии применения ториевых вольфрамовых электродов в основном основаны на разнице в их характеристиках при сварке постоянным током (DC) и переменным током (AC). Поскольку работа электронной эволюции и стабильность дуги ториевых вольфрамовых электродов лучше, чем у чистых вольфрамовых электродов, он в основном используется для сварки анодов постоянным током, но также имеет применение в определенных сценариях сварки переменным током.

2.2.1 Ториевый вольфрамовый электрод для сварки постоянным током

Сварка анодами постоянного тока (DCEN) является наиболее распространенным сценарием применения ториевых вольфрамовых электродов. При сварке DCEN электрод соединяется с отрицательным электродом источника питания, заготовка соединяется с положительным электродом, и электроны перетекают от электрода к заготовке, в результате чего образуется концентрированная и стабильная дуга. В этом режиме низкая работа по убеганию электронов и отличная термическая стабильность ториевого вольфрамового электрода обеспечивают его хорошую производительность.

Тактико-технические характеристики:

В режиме DCEN ториевый вольфрамовый электрод может легко инициировать зажигание дуги, причем дуга концентрируется, а тепло в основном концентрируется на заготовке, снижая тепловую нагрузку на электрод. Это дает ториевым вольфрамовым электродам значительные преимущества при сварке углеродистых сталей, нержавеющей сталей, никелевых сплавов и титановых сплавов. Разные типы ториевых вольфрамовых электродов подходят для разных диапазонов тока:

WT10: подходит для малых токов (50-150 А) для тонкой листовой и прецизионной сварки.

WT20: подходит для средних и высоких токов (100-300 А) и широко используется в промышленной сварке.

WT30 и WT40: подходят для высоких и сверхвысоких токов (200-500 А) для толстолистовой и сверхмощной сварки.

Ториевые вольфрамовые электроды имеют низкую скорость выгорания при сварке DCEN и длительный срок службы электродов, особенно при высоких токах, которые могут сохранять форму наконечника, снижая потребность в частой замене. Кроме того, его высокая

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

стабильность дуги, отличное качество сварки и низкое разбрызгивание делают его пригодным для высокоточной сварки.

Сценарии применения

Аэрокосмическая промышленность: сварка компонентов из титановых и никелевых сплавов, таких как фюзеляж самолета и компоненты двигателей.

Атомная промышленность: Сварка сосудов высокого давления и труб, требующих высокопрочных и бездефектных сварных швов.

Нефтехимическая промышленность: сварка труб и оборудования с коррозионностойкими материалами, такими как нержавеющая сталь и сплавы на основе никеля.

Автомобилестроение: сварка высокопрочных сталей и алюминиевых сплавов, таких как компоненты кузова и подвески.

Профилактика

При сварке DCEN необходимо выбрать подходящий тип электрода и угол шлифовки в соответствии с толщиной материала и сварочным током. Наконечник электрода необходимо регулярно проверять и перешлифовывать для поддержания концентрации дуги. Шлифовка требует использования специальной кофемолки и устройства для сбора пыли для снижения риска радиоактивности.

2.2.2 Ториевый вольфрамовый электрод для сварки переменным током (специальная сцена)

Хотя ториевые вольфрамовые электроды в основном используются для сварки DCEN, они также применяются в определенных сценариях сварки переменным током (AC), особенно при сварке легких металлов, таких как алюминий и магний. При сварке переменным током происходит периодическое переключение тока между положительными и отрицательными электродами, при этом электроды подвергаются более высокому термическому нагружению.

Тактико-технические характеристики:

При сварке переменным током ториевые вольфрамовые электроды работают не так хорошо, как лантан-вольфрамовые или циркониево-вольфрамовые электроды, но их все же можно использовать в определенных сценариях. WT20 и WT30 обеспечивают хорошую стабильность дуги в режиме переменного тока благодаря более высокому содержанию оксида тория, но наконечник электрода подвержен перегреву во время положительного электродного цикла (DCEP), что приводит к потере тория и выгоранию электродов. В результате ториевые вольфрамовые электроды часто требуют более высокой частоты технического обслуживания при сварке переменным током, например, частого шлифования для восстановления формы наконечника.

Сценарии применения

Сварка алюминиевых сплавов: В судостроении и аэрокосмической промышленности ториевые вольфрамовые электроды (обычно WT20) могут использоваться для сварки алюминиевых листов AC-TIG, особенно когда питание постоянным током недоступно.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Сварка магниевых сплавов: В автомобильной и аэрокосмической отраслях ториевые вольфрамовые электроды могут использоваться для прецизионной сварки магниевых сплавов, требующих высокого контроля дуги.

Ремонтная сварка: В некоторых сценариях ремонта ториевых вольфрамовых электродов можно использовать в качестве временной замены для сварки легких металлов переменным током.

Профилактика

При сварке переменным током рекомендуется использовать электрод большого диаметра (2,4-4,0 мм), чтобы выдержать термическую нагрузку, причем угол шлифовки должен составлять 30°-45°, а наконечник может быть слегка закруглен для уменьшения перегрева. Особое внимание следует уделить защите от радиоактивной пыли и оборудовать эффективную систему вентиляции.

2.3 Сравнение ториевого вольфрамового электрода с другими вольфрамовыми электродами

Ториевые вольфрамовые электроды занимают важное место в сварке TIG благодаря своим превосходным сварочным характеристикам, но с развитием нерадиоактивных электродов чистые вольфрамовые электроды, цериевые вольфрамовые электроды, лантановые вольфрамовые электроды, циркониевые вольфрамовые электроды и иттриевые вольфрамовые электроды постепенно стали альтернативными вариантами. Ниже приведено подробное сравнение этих электродов с ториевыми вольфрамовыми электродами.

2.3.1 Чистый вольфрамовый электрод обзор

Чистый вольфрамовый электрод (WP, головка с зеленым покрытием) изготовлен из более чем на 99,5% чистого вольфрама без какого-либо оксидного легирования, что является самым ранним типом используемого вольфрамового электрода.

Сравнение производительности

Электронная работа при выделении электронов: Электронная работа чистого вольфрамового электрода высока (около 4,5 эВ), что затрудняет зажигание дуги и требует более высокого напряжения.

Стабильность дуги: Стабильность дуги плохая, особенно при высоких токах, дуга склонна к дрейфу.

Скорость выгорания: высокая скорость выгорания, наконечник электрода легко плавится, а срок службы короткий.

Радиоактивность: Нерадиоактивен, безопасен и экологически чист лучше, чем ториевый вольфрамовый электрод.

Применимый сценарий: Он в основном используется для сварки алюминиевых и магниевых сплавов переменным током, потому что он может образовывать стабильный оксидный слой во время катодного цикла.

Плюсы и минусы:

Преимущества: нерадиоактивен, недорогой, подходит для сварки легкими металлами переменным током.

Недостатки: Затрудненное зажигание дуги, плохая стабильность дуги, не подходит для сварки большим током или DCEN.

Сценарии применения

Чистые вольфрамовые электроды в основном используются для сварки переменным током с низкими требованиями, такими как сварка алюминиевых пластин, но в современной промышленности их постепенно вытесняют редкоземельные электроды.

2.3.2 Цериевые вольфрамовые электроды

обзор

Церий-вольфрамовые электроды (WC20, серые наконечники) содержат 1,8-2,2% оксида церия (CeO_2) и являются основной нерадиоактивной альтернативой ториевым вольфрамовым электродам.

Сравнение производительности

Результат работы электронов: около 2,7 эВ, немного выше, чем у ториевого вольфрамового электрода, но хорошая инициация дуги.

Стабильность дуги: Стабильность дуги близка к WT20, подходит для сварки DCEN и AC.

Скорость горения: Скорость сгорания ниже, чем у чистого вольфрамового электрода, но немного выше, чем у WT20.

Радиоактивность: нерадиоактивна, отличается высокой безопасностью, соответствует требованиям охраны окружающей среды.

Применимые сценарии: Широко используется при сварке нержавеющей стали, углеродистой стали и алюминиевых сплавов, особенно в радиочувствительных отраслях.

Плюсы и минусы:

Преимущества: нерадиоактивный, хорошие характеристики инициирования дуги, подходит для различных сценариев сварки.

Недостатки: Скорость выгорания немного выше при большом токе, а долговечность не так хороша, как у WT20.

Сценарии применения

Цериевые вольфрамовые электроды широко используются при сварке в медицинских устройствах, пищевом оборудовании и электронной промышленности и постепенно вытесняют ториевые вольфрамовые электроды из-за отсутствия у них риска радиоактивности.

2.3.3 Вольфрамовый электрод из лантана

обзор

Лантановые вольфрамовые электроды (WL10, WL15, WL20, головки с черным, золотым и синим покрытием соответственно) содержат 0,8-2,0% оксида лантана (La_2O_3) и являются еще

одним нерадиоактивным альтернативным электродом.

Сравнение производительности

Эволюционная работа электронов: около 2,6-2,8 эВ, отличные характеристики инициирования дуги, близкий к ториевому вольфрамовому электроду.

Стабильность дуги: Превосходная стабильность дуги, особенно при сварке сильным током и сварке переменным током.

Скорость выгорания: низкая скорость выгорания, длительный срок службы электродов, близкий или превосходящий WT20.

Радиоактивность: Нерадиоактивна, отличается высокой безопасностью и защитой окружающей среды.

Применимые сценарии: подходит для сварки DCEN и AC, широко используется в высокоточных и тяжелых сценариях.

Плюсы и минусы:

Преимущества: нерадиоактивный, высокая стабильность дуги, длительный срок службы, подходит для различных токов и материалов.

Недостатки: стоимость немного выше, а производственный процесс строгий.

Сценарии применения

Лантановые вольфрамовые электроды широко используются в аэрокосмической, атомной и автомобильной промышленности, особенно в сценариях, где требуется высокая точность и длительный срок службы.

2.3.4 Циркониевые вольфрамовые электроды

обзор

Циркониевые вольфрамовые электроды (WZ3, WZ8, коричневые и белые головки соответственно) содержат 0,3-0,8% диоксида циркония (ZrO_2) и предназначены для сварки переменным током.

Сравнение производительности

Электронная работа эволюции: высокая (около 4,0 эВ), среднее зажигание дуги.

Стабильность дуги: отличная производительность при сварке переменным током, особенно при сварке алюминиевых и магниевых сплавов.

Скорость выгорания: Скорость выгорания низкая, что подходит для цикла сварки переменным током с положительным электродом.

Радиоактивность: нерадиоактивна, безопасна и экологична.

Применимые сценарии: Специально разработан для сварки легких металлов переменным током, не подходит для сварки с высоким током DCEN.

Плюсы и минусы:

Преимущества: Не радиоактивен, подходит для сварки алюминиевых и магниевых сплавов переменным током.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Недостатки: Плохая производительность инициирования дуги, не подходит для сварки DCEN.

Сценарии применения

Циркониевые вольфрамовые электроды в основном используются для сварки алюминиевых сплавов и магниевых сплавов AC-TIG, например, в судостроении и аэрокосмической промышленности.

2.3.5 Иттрий-вольфрамовые электроды обзор

Иттрий-вольфрамовые электроды (WY20, наконечник с синим покрытием) содержат 1,8-2,2% оксида иттрия (Y_2O_3) и являются более новыми нерадиоактивными электродами.

Сравнение производительности

Электронная рабочая мощность: около 2,7 эВ, хорошие характеристики инициирования дуги.

Стабильность дуги: Стабильность дуги лучше, чем у цериевого вольфрамового электрода, и близка к стабильности лантанового вольфрама.

Скорость выгорания: низкая скорость сгорания и длительный срок службы.

Радиоактивность: нерадиоактивна, безопасна и экологична.

Применимые сценарии: подходит для сварки DCEN и AC, особенно в высокоточных сценариях.

Плюсы и минусы:

Преимущества: нерадиоактивен, хорошая стабильность дуги, длительный срок службы.

Недостатки: Более высокая стоимость и низкая популярность на рынке.

Сценарии применения

Иттриевые вольфрамовые электроды подходят для высокоточной сварки, например, в аэрокосмической и электронной промышленности, но их применение в промышленности еще не получило полной популяризации.



CTIA GROUP LTD ЭЛЕКТРОД WT20

Глава 3 Характеристики ториевого вольфрамового электрода

В качестве основного материала для сварки вольфрама в среде инертного газа (сварка TIG) и плазменной сварки, ториевый вольфрамовый электрод занимает важное место в промышленности благодаря своим уникальным физическим, химическим, сварочным и радиоактивным свойствам. В этой главе будут подробно рассмотрены физические свойства (включая высокую температуру плавления, работу выделения электронов, электропроводность и механические свойства), химические свойства (стойкость к окислению и химическая стабильность), сварочные свойства (эффективность инициирования дуги, стабильность дуги, скорость выгорания и поведение при высоких нагрузках) и радиоактивность (следовая радиоактивность оксида тория, воздействие на здоровье и окружающую среду, а также сравнение с нерадиоактивными электродами). Цель комплексного анализа состоит в том, чтобы выявить преимущества и ограничения ториевых вольфрамовых электродов в процессе сварки.

3.1 Физические свойства ториевых вольфрамовых электродов

Физические свойства ториевых вольфрамовых электродов являются основой их превосходной производительности в условиях высокотемпературной и сильноточной сварки. Эти свойства включают высокую температуру плавления и термическую стабильность, низкую работу по утечке электронов, а также превосходную проводимость и механические свойства, которые позволяют ему выдерживать экстремальные условия дуговой сварки.

3.1.1 Высокая температура плавления и термическая стабильность ториевого вольфрамового электрода

Ториевые вольфрамовые электроды основаны на вольфраме (W), одном из материалов с

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

самой высокой температурой плавления среди всех известных металлов, с температурой плавления около 3422 °C (6192 °F). Это свойство позволяет ториевому вольфрамовому электроду сохранять структурную целостность в условиях высокотемпературной дуговой сварки (температура дуги до 6000-7000°C) и избегать плавления или значительной деформации. Легирование оксидом тория (ThO₂) (обычно в диапазоне 0,8-4,2%) еще больше повышает термическую стабильность электрода. Оксид тория имеет высокую температуру плавления (около 3300°C) и высокую теплоемкость, что позволяет эффективно рассеивать тепло, выделяемое дугой, и уменьшать локальный перегрев на кончике электрода.

При реальной сварке высокая температура плавления и термическая стабильность ториевых вольфрамовых электродов делают их пригодными для длительной непрерывной сварки, особенно при сварке сильноточным анодом постоянного тока (DCEN). Например, при сварке материалов с высокой температурой плавления, таких как титановые сплавы или нержавеющая сталь, наконечник электрода сохраняет стабильную форму и снижает пригорание и потери тория. По сравнению с чистым вольфрамовым электродом (WP), ториевый вольфрамовый электрод имеет лучшие характеристики при высоких температурах, а на наконечнике нелегко образовать расплавленные шарики или трещины, что продлевает срок службы.

Кроме того, равномерное распределение оксида тория имеет важное значение для термической стабильности. В производственном процессе используется технология порошковой металлургии для обеспечения равномерного диспергирования частиц оксида тория в вольфрамовой матрице, чтобы избежать ухудшения характеристик, вызванного локальной высокой температурой. Термическая стабильность также тесно связана со структурой зерна электрода, и соответствующие процессы термообработки, такие как высокотемпературное спекание и отжиг, могут оптимизировать размер зерна и повысить устойчивость электрода к тепловому удару.

3.1.2 Электронная работа ториевого вольфрамового электрода (2,63 эВ)

Рабочая функция — это минимальная энергия, необходимая для отрыва электронов от поверхности материала, что напрямую влияет на характеристики инициации дуги электрода. Электронная работа торированного вольфрамового электрода составляет около 2,63 эВ, что значительно ниже, чем у чистого вольфрамового электрода 4,5 эВ. В основном это связано с легированием оксида тория, низкая деградация работы электронов которого снижает потребность в напряжении, вызванную дугой, так что ториевый вольфрамовый электрод может легко начать загораться при низких токах.

Физическим механизмом работы с низким уровнем электронов является тепловая электронная эмиссионная способность оксида тория. Оксид тория способен высвободить большое количество свободных электронов при высоких температурах (дуговой среде), создавая стабильный поток электронов, который иницирует и поддерживает дугу. Эта особенность особенно важна при сварке отрицательным электродом постоянного тока (DCEN), так как электроны перетекают от электрода к заготовке, а меньшая работа утечки

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

снижает потребление энергии при зажигании дуги, повышая эффективность сварки.

Различные типы ториевых вольфрамовых электродов (такие как WT10, WT20, WT30, WT40) имеют немного разную работу по убеганию электронов из-за разного содержания оксида тория. WT40 (3,8-4,2% ThO₂) имеет самую низкую работу электронов (близка к 2,6 эВ) и лучшие характеристики инициирования дуги, что подходит для сварки сильным током. WT10 (0,8-1,2% ThO₂) имеет несколько более высокую работу по убеганию электронов, но все же намного лучше, чем чистый вольфрамовый электрод. Это различие позволяет адаптировать ториевый вольфрамовый электрод к широкому спектру сценариев, от прецизионной сварки слабыми токами до сварки в тяжелых условиях тока.

В практических приложениях работа с низким содержанием электронов также снижает тепловую нагрузку на наконечнике электрода и снижает скорость выгорания. Например, при сварке титановых сплавов в аэрокосмической промышленности электрод WT20 способен быстро зажигать дугу при низких напряжениях, обеспечивая равномерность и точность сварного шва. Тем не менее, преимущества работы с электронами должны быть полностью использованы за счет соответствующего угла шлифовки электродов (обычно 15°-45°), а острый наконечник может еще больше сконцентрировать поток электронов и повысить эффективность инициирования дуги.

3.1.3 Проводимость и механические свойства ториевых вольфрамовых электродов

Проводимость ториевого вольфрамового электрода обусловлена высокой электропроводностью вольфрамовой подложки (около 30% меди), что позволяет ему эффективно передавать сварочный ток и снижать резистивные потери тепла. Легирование оксидом тория мало влияет на проводимость, но при высоких токах проводимость ториевого вольфрамового электрода все же лучше, чем у чистого вольфрамового электрода, поскольку частицы оксида тория улучшают эффективность миграции электронов. Стабильность проводимости обеспечивает непрерывность и постоянство дуги, особенно при высокочастотной дуговой сварке или импульсной сварке.

По механическим свойствам ториевые вольфрамовые электроды обладают высокой твердостью (твердость по Виккерсу около 400-450 ВН) и отличной прочностью на разрыв (около 1000 МПа). Эти свойства обусловлены кристаллической структурой ВСС (куб, центрированный по телу) и высокой плотностью (19,25 г/см³) вольфрама. Легирование оксидом тория еще больше повышает стойкость к разрушению и износостойкость электрода за счет очистки зерен и упрочнения матрицы. Это позволяет ториевому вольфрамовому электроду сохранять структурную целостность при высокоинтенсивном ударе дуги, что делает его пригодным для сварки в тяжелых условиях.

В производственном процессе оптимизация механических свойств опирается на процесс порошковой металлургии и последующую термическую обработку. В процессе прессования и спекания контролируется размер зерна и уменьшается количество внутренних дефектов; Процессы каландрирования и шлифования, с другой стороны, улучшают качество

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

поверхности и уменьшают точки концентрации напряжений. На практике механические свойства электрода напрямую влияют на его долговечность. Например, при сварке сосудов под давлением в атомной промышленности электроды WT30 или WT40 подвергаются воздействию высоких токов и длительных эксплуатационных периодов, а их высокая твердость и стойкость к разрушению обеспечивают надежность электродов.

3.2 Химические свойства ториевых вольфрамовых электродов

Химические свойства ториевых вольфрамовых электродов в основном отражаются на их стойкости к окислению и химической стабильности, которые определяют характеристики электрода при высоких температурах и сложных средах.

3.2.1 Стойкость к окислению ториевых вольфрамовых электродов

Ториевые вольфрамовые электроды защищены инертными газами (такими как аргон или гелий) в высокотемпературной дуговой среде (6000-7000°C), а их стойкость к окислению в основном зависит от химической инертности вольфрамовой матрицы. Вольфрам чрезвычайно активен к кислороду при комнатных и высоких температурах и образует летучие оксиды (например, WO_3) только при очень высоких температурах (>1000 °C). Стойкость электрода к окислению дополнительно повышается за счет легирования оксидом тория, так как сам оксид тория является стабильным оксидом, который не так легко вступает в дальнейшую реакцию с кислородом.

При сварке TIG защита инертным газом эффективно изолирует кислород и предотвращает окисление поверхности электрода. Однако во время шлифовки или хранения электродов при воздействии влаги или кислорода на поверхности могут образовываться слои оксидов следов, что влияет на эффективность инициирования дуги. Поэтому необходимо следить за тем, чтобы поверхность электрода была чистой во время производства и хранения, а также он часто хранится в вакуумной упаковке или в сухой среде.

Еще одним ключевым фактором стойкости к окислению является термическая стабильность наконечника электрода. Частицы оксида тория могут стабильно существовать при высоких температурах, что позволяет избежать окислительного испарения вольфрамовой матрицы. По сравнению с чистыми вольфрамовыми электродами, ториевые вольфрамовые электроды более устойчивы к окислению и потерям при сварке сильным током и продлевают срок их службы. Например, при сварке труб из нержавеющей стали электрод WT20 способен сохранять целостность поверхности в течение длительных периодов эксплуатации и снижать загрязнение сварного шва оксидами.

3.2.2 Химическая стабильность ториевых вольфрамовых электродов

Химическая стабильность ториевых вольфрамовых электродов отражается в их устойчивости к обычным химическим веществам, таким как кислоты, щелочи и расплавленные металлы. Вольфрамовая матрица обладает чрезвычайно высокой коррозионной стойкостью к большинству кислотных-щелочных растворов (таких как соляная кислота, серная кислота и гидроксид натрия) при комнатной температуре, и лишь

незначительная коррозия может возникать в сильных окислительных средах (таких как концентрированная азотная кислота или высокотемпературные окислительные атмосферы). Будучи стабильным керамическим материалом, оксид тория еще больше повышает химическую стабильность электрода, делая его менее подверженным химическим реакциям с металлами или газами в расплавленной ванне в процессе сварки.

В практическом применении химическая стабильность ториевого вольфрамового электрода обеспечивает чистоту сварного шва. Например, при сварке титановым сплавом на поверхность электрода не выделяются примеси, загрязняющие сварочную ванну, что позволяет сохранить механические свойства и коррозионную стойкость сварного шва. Кроме того, ториевый вольфрамовый электрод не реагирует с инертными защитными газами (например, аргоном, гелием) и подходит для использования в различных сварочных средах.

Однако ограничение химической стабильности заключается в пыли оксида тория, которая может выделяться при шлифовании электродов или работе при высокой температуре. Оксид тория может улетучиваться при высоких температурах или выделяться в виде пыли, и, несмотря на его химическую стабильность, его радиоактивность требует строгих мер предосторожности. Для уменьшения диффузии пыли в производстве и эксплуатации требуется специальное оборудование (например, закрытые измельчители и вентиляционные системы).

3.3 Сварочные характеристики ториевых вольфрамовых электродов

Сварочные характеристики ториевого вольфрамового электрода являются основным преимуществом его широкого применения в сварке TIG и плазменной сварке, что выражается в производительности завязывания дуги, стабильности дуги, скорости выгорания и производительности при высоком токе нагрузки.

3.3.1 Характеристики иницирования дуги ториевого вольфрамового электрода

Эффективность иницирования дуги является ключевым показателем для измерения сложности электрода для иницирования дуги, а ториевый вольфрамовый электрод обладает отличными характеристиками иницирования дуги благодаря низкой работе по убеганию электронов (2,63 эВ). При сварке отрицательным электродом постоянного тока (DCEN) электроны перетекают от электрода к заготовке, а низкая работа убегания снижает напряжение, необходимое для зажигания дуги (обычно 10-15 В), что позволяет быстро зажечь дугу при низких токах. Это особенно важно для прецизионной сварки, такой как тонколистовая нержавеющая сталь или электронные компоненты, поскольку это снижает тепловложение при зарождении дуги и предотвращает перегрев материала.

Различные типы ториевых вольфрамовых электродов имеют немного разные характеристики иницирования дуги. WT40 имеет самое высокое содержание оксида тория (3,8-4,2%) и лучшие характеристики иницирования дуги, что подходит для сценариев с сильным током. WT10 больше подходит для прецизионной сварки слабыми токами. На производительность инициации дуги также влияют угол шлифовки электродов и качество поверхности. Острый

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

угол шлифования (15° - 30°) может концентрировать поток электронов и повысить эффективность запуска дуги; Полировка поверхности уменьшает поверхностные дефекты и снижает напряжение дуги.

На практике эффективность инициирования дуги ториевого вольфрамового электрода значительно выше, чем у чистого вольфрамового электрода. Например, при сварке титановых сплавов в аэрокосмическом секторе электрод WT20 способен быстро запускать дугу при низких напряжениях, обеспечивая качество начала сварного шва. При импульсной сварке TIG способность ториевого вольфрамового электрода быстро завязывать дугу еще больше повышает эффективность и точность сварки.

3.3.2 Стабильность дуги ториевых вольфрамовых электродов

Стабильность дуги является основным преимуществом ториевых вольфрамовых электродов, которое напрямую влияет на качество сварного шва и эффективность сварки. Дуговая стабильность ториевых вольфрамовых электродов обусловлена способностью оксида тория к тепловому электронному излучению и высокой проводимостью вольфрамовой матрицы. При сварке DCEN дуга концентрированная и непрерывная, с небольшими колебаниями и меньшим разбрызгиванием, что подходит для высокоточной сварки. Частицы оксида тория испускают постоянный поток электронов при высоких температурах, сохраняя равномерность дуги и не дрейфуя и не прерывая дугу даже при высоких тонах или при длительных прогонах.

Разные типы электродов отличаются стабильностью дуги. WT20 и WT30 широко используются в промышленной сварке благодаря умеренному содержанию оксида тория (1,7-3,2%) и лучшей стабильности дуги при средних и высоких токах (100-400 А). WT40 поддерживает стабильность дуги при сверхвысоких токах (300–500 А) и подходит для тяжелых условий эксплуатации, таких как сварка сосудов высокого давления на атомных электростанциях.

На стабильность дуги также влияет состояние защитного газа и электродов. Аргонная защита обеспечивает стабильную среду для дуги, в то время как гелиевые или аргон-гелиевые смеси подходят для сварки с высоким тепловложением. Правильная шлифовка кончика электрода (например, угол конуса 20° - 35°) может еще больше оптимизировать концентрацию дуги. Например, при сварке труб в нефтехимической промышленности электрод WT20 обеспечивает стабильную дугу, обеспечивающую равномерный сварной шов и коррозионную стойкость.

3.3.3 Скорость выгорания электродов ториевого вольфрама

Скорость выгорания электрода является важным показателем для измерения долговечности электрода, который относится к потере качества электрода из-за высокой температуры, удара дуги или потери оксида тория в процессе сварки. Скорость утраты ториевых вольфрамовых электродов значительно ниже, чем у чистых вольфрамовых электродов, в основном из-за термической стабильности оксида тория и высокой температуры плавления вольфрамовой

матрицы. Оксид тория образует стабильный слой электронной эмиссии при высоких температурах, уменьшая испарение и плавление вольфрамовой матрицы.

Скорость выгорания различных типов ториевых вольфрамовых электродов уменьшается с увеличением содержания оксида тория. WT10 (0,8-1,2% ThO₂) имеет низкую скорость выгорания при низких токах, но потери тория могут происходить при высоких токах. WT40 (3,8-4,2% ThO₂) имеет самую низкую скорость выгорания и подходит для сварки сверхвысоким током и длительной непрерывной сварки. Например, при сварке толстых листов в судостроении электрод WT40 способен работать в течение нескольких часов при высоких токах с небольшими изменениями формы наконечника.

На скорость выгорания также влияют параметры сварки и условия эксплуатации. Правильный контроль тока, расход защитного газа (8-15 л/мин) и углы шлифовки электродов могут значительно снизить скорость выгорания. На практике регулярный осмотр и повторная заточка наконечника электрода может продлить срок службы при одновременном снижении выделения ториевой пыли.

3.3.4 Производительность ториевых вольфрамовых электродов при высоких токах нагрузки

Производительность ториевых вольфрамовых электродов при высоких токах нагрузки (200-500 А) является ключевым преимуществом в тяжелой промышленности. Благодаря высокому содержанию оксида тория электроды WT30 и WT40 могут выдерживать удар дуги при высоком токе и высокой температуре, сохраняя стабильность дуги и низкую скорость выгорания. Это свойство делает его пригодным для сварки толстых листов и материалов с высокой температурой плавления, таких как сосуды под давлением в атомной промышленности, большие конструкции из титановых сплавов в аэрокосмической промышленности и коррозионностойкие трубы в нефтехимической промышленности.

Термическая стабильность и механическая прочность ториевого вольфрамового электрода обеспечивают долговечность наконечника электрода при высоких токах нагрузки. Например, при сварке корпусов высокого давления на атомной электростанции электрод WT40 способен непрерывно работать при давлении 400 А, иметь концентрированную и стабильную дугу и высокое качество сварного шва. Кроме того, низкое количество электронов ториевого вольфрамового электрода при высоком токе снижает энергопотребление на зарождение дуги и поддержание дуги, а также повышает эффективность сварки.

Однако при высоких токах нагрузки необходимо уделять внимание управлению тепловой нагрузкой электродов. Чрезмерные токи могут привести к ускорению потери тория и высвобождению следовых количеств радиоактивной пыли. Поэтому для снижения температуры электрода рекомендуется использовать электрод большого диаметра (3,2-6,4 мм) и соответствующий угол шлифовки (30°-45°) с эффективной системой охлаждения (например, сварочный пистолет с водяным охлаждением).

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

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 (ThO₂). 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

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

3.4 Радиоактивные свойства ториевых вольфрамовых электродов

Ториевые вольфрамовые электроды слабо радиоактивны из-за присутствия оксида тория (ThO_2), свойства, которое является как источником его эксплуатационного преимущества, так и серьезным ограничением в его применении. В этом разделе будут рассмотрены радиоактивные характеристики оксида тория, его воздействие на здоровье человека и окружающую среду, а также его сравнение с нерадиоактивными электродами.

3.4.1 Следовая радиоактивность оксида тория

Торий-232 (Th-232) в оксиде тория является природным радиоактивным элементом с периодом полураспада около 14 миллиардов лет и в основном выделяет α частиц (4,01-4,08 МэВ) в сопровождении небольших количеств β частиц и γ лучей. Уровень радиоактивности ториевого вольфрамового электрода напрямую связан с содержанием оксида тория, при этом WT10 (0,8-1,2% ThO_2) имеет самую низкую концентрацию активности (около 1 Бк/г, что соответствует критериям исключения), а WT40 (3,8-4,2% ThO_2) имеет самую высокую концентрацию активности, близкую или немного превышающую норму освобождения.

В нормальных условиях использования (например, при сварке TIG) радиоактивность электродов оказывает меньшее прямое воздействие излучения на оператора из-за низкого проникновения частиц α (которые могут быть заблокированы несколькими сантиметрами воздуха или кожи). Однако пыль и летучие оксиды тория при высоких температурах во время шлифовки электродов могут попадать в организм при вдыхании или контакте, создавая опасность внутреннего облучения. Мощность дозы γ облучения низкая (обычно $< 0,1$ мкЗв/ч), но долгосрочное облучение вызывает беспокойство.

В процессе производства строго регламентируется управление радиоактивностью ториевых вольфрамовых электродов. Международные стандарты (например, Публикация 103 МКРЗ) и китайские стандарты (например, GB 18871-2002) определяют концентрации освобожденной активности и требования к защите тория-232. Производственный цех должен быть оснащен детектором мощности дозы излучения X- γ и детектором α и β поверхностных загрязнений для регулярного контроля уровня радиации в окружающей среде.

3.4.2 Воздействие на здоровье человека и окружающую среду

Воздействие ториевых вольфрамовых электродов на здоровье в основном связано с радиоактивной пылью, выделяющейся при шлифовке и сварке. α частицы, попадающие в легкие при вдыхании, могут представлять долгосрочные риски для здоровья, такие как рак легких или повреждение тканей. Исследования показали, что работники, которые постоянно подвергаются воздействию ториевой пыли, могут сталкиваться с более высокими дозами облучения (около 0,1-1 мЗв в год, что значительно ниже общепринятого годового значения в 1 мЗв). Поэтому операторам необходимо носить защитные маски, использовать специальные измельчители и эффективное вентиляционное оборудование.

С точки зрения воздействия на окружающую среду, отходы производства и использования ториевых вольфрамовых электродов (включая шлифовальную пыль, сточные воды и

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

отработанные электроды) должны быть надлежащим образом утилизированы. Хранение и утилизация радиоактивных отходов тория-232 осуществляются в соответствии с Мероприятиями по экологическому радиационному контролю и раскрытию информации предприятий по разработке и утилизации попутных радиоактивных рудников (Опыт) во избежание загрязнения почвы и водных объектов. Предприятиям необходимо иметь специализированные объекты по переработке отходов, такие как закрытые системы сбора и хранилища радиоактивных отходов.

На практике европейские и американские страны постепенно ограничивают использование ториевых вольфрамовых электродов и продвигают нерадиоактивные электроды для снижения рисков для здоровья и окружающей среды. Будучи крупным производителем вольфрамовых электродов, Китай в последние годы также усилил меры радиоактивной защиты, а некоторые предприятия внедрили автоматизированное шлифовальное оборудование и закрыли производственные цеха, что значительно сократило выбросы пыли.

3.4.3 Сравнение ториевых вольфрамовых электродов с нерадиоактивными электродами

Нерадиоактивные электроды (такие как цериево-вольфрамовые, лантан-вольфрамовые, циркониево-вольфрамовые и иттриев-вольфрамовые электроды) являются основными альтернативами ториевым вольфрамовым электродам, и их главное преимущество заключается в том, что отсутствует риск радиоактивности. Вот подробное сравнение:

Цериевый вольфрамовый электрод (WC20): содержит 1,8-2,2% оксида церия, работа электронов составляет около 2,7 эВ, производительность инициации дуги и стабильность дуги близки к WT20, скорость горения немного выше, и он нерадиоактивен, что широко используется в медицинской и пищевой промышленности.

Вольфрамовый электрод лантана (WL20): содержит 1,8-2,0% оксида лантана, работа электронов составляет около 2,6-2,8 эВ, стабильность дуги и срок службы лучше, чем у цериевого вольфрамового электрода, подходит для высокоточной и сверхмощной сварки, не радиоактивен.

Циркониевый вольфрамовый электрод (WZ8): содержит 0,8% диоксида циркония, специально разработанный для сварки переменным током алюминиевого и магниевого сплава, хорошую стабильность дуги, но производительность зарождения дуги и сварочные характеристики DCEN не так хороши, как у ториевого вольфрамового электрода, не радиоактивен.

Иттрий-вольфрамовый электрод (WY20): содержит 1,8-2,2% оксида иттрия, производительность близка к характеристикам лантанового вольфрамового электрода, подходит для высокоточной сварки, но стоимость высокая, популярность на рынке низкая, и он не радиоактивен.

Преимущества ториевых вольфрамовых электродов заключаются в их превосходных характеристиках зарождения дуги, стабильности дуги и низкой скорости выгорания, особенно в условиях сильного тока и тяжелых условий эксплуатации. Однако проблема его

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

радиоактивности постепенно привела к его замене в отраслях с высокими требованиями к окружающей среде и здоровью. Например, в Европе лантановые вольфрамовые электроды заменили ториевые вольфрамовые электроды в качестве основного направления, в то время как в Китае ториевые вольфрамовые электроды до сих пор широко используются в тяжелой промышленности благодаря своим экономическим преимуществам и отличным характеристикам.

3.5 Ториевый вольфрамовый электрод MSDS от CTIA GROUP LTD

Паспорт безопасности материала (MSDS) для ториево-вольфрамового электрода

1. Химическая идентификация

Химическое название: торий-вольфрамовый электрод

Общее название: торий-вольфрамовый стержень, торий-вольфрамовый сварочный электрод

Номер CAS:

Вольфрам (W): 7440-33-7

Диоксид тория (ThO₂): 1314-20-1

2. Состав/Информация об ингредиентах

Вольфрам (W): 95,8-99,2%

Диоксид тория (ThO₂): 0,8-4,2%

Примеси (Fe, Ni, O, C и т.д.): <0,05%

3. Обзор опасностей

Категория опасности: радиоактивный материал с низкой удельной активностью (LSA-I), с низким радиоактивным риском; Пыль может вызвать раздражение.

Пожароопасность и взрывоопасность: Негорючий, без опасности взрыва.

Опасность для здоровья:

Вдыхание: Пыль, образующаяся во время шлифования или обработки, может раздражать дыхательные пути. Долгосрочное воздействие низких доз может увеличить риски для здоровья легких.

Контакт с кожей: может вызвать легкое раздражение.

Попадание в глаза: пыль может вызвать дискомфорт или воспаление в глазах.

Проглатывание: Случайное проглатывание может привести к желудочно-кишечному дискомфорту, требующему немедленной медицинской помощи.

Опасность для окружающей среды: Неправильное захоронение торийсодержащих отходов может привести к загрязнению почвы и воды, что требует обращения с ними как с радиоактивными отходами.

Нормативная база: GB 18871-2002, публикация ICRP 103, IAEA SSR-6.

4. Меры первой помощи

Контакт с кожей:

Немедленно снимите загрязненную одежду и промойте кожу большим количеством воды с

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

мылом в течение не менее 15 минут.

Обратитесь за медицинской помощью, если раздражение или дискомфорт не проходят.

Зрительный контакт:

Приподнимите веки и промойте проточной водой или физиологическим раствором не менее 15 минут.

Обратитесь за медицинской помощью, если дискомфорт не проходит.

Ингаляция:

Немедленно переместите пострадавшего на свежий воздух, обеспечив чистоту дыхательных путей.

Подавать кислород, если дыхание затруднено; Проведите искусственное дыхание, если дыхание остановилось.

Немедленно обратитесь за медицинской помощью, сообщив медицинскому персоналу о потенциальном воздействии ториевой пыли.

Проглатывание:

Пейте много теплой воды, чтобы вызвать рвоту (если пациент в сознании).

Немедленно обратитесь за медицинской помощью, предоставив данный MSDS медицинскому персоналу.

Примечание: Персонал, оказывающий первую помощь, должен носить защитное снаряжение (например, респираторы, перчатки) во избежание вторичного воздействия.

5. Противопожарные мероприятия

Опасные характеристики: Негорючий, не взрывоопасен.

Методы тушения: Не применяются. Если поблизости возник пожар, используйте сухой порошок, пену или углекислотные огнетушители.

Меры предосторожности при пожаротушении:

Пожарные должны быть одеты в защитную одежду и респираторы с положительным давлением.

Не допускайте распространения торийсодержащей пыли из-за огня, который может привести к загрязнению окружающей среды.

6. Меры по случайному выбросу

Действие в игре:

Изолируйте зону разлива, ограничьте причину: ограничьте доступ постороннего персонала и повесьте предупреждающий знак «Радиоактивный материал».

Персонал экстренных служб должен носить защитную одежду, респираторы и перчатки, используя методы влажной уборки, чтобы собрать пролитые электроды или пыль в герметичные контейнеры.

Оцените зону разлива с помощью детектора мощности дозы излучения X-γ (например, АТ1123) и α, β детектора поверхностного загрязнения (например, ХН-3206). Сообщать в

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

органы по ядерной безопасности, если мощность дозы превышает 0,1 мкЗв/ч или поверхностное загрязнение превышает 0,4 Бк/см².

Удаление отходов:

Разлитый материал следует рассматривать как радиоактивные отходы с низкой удельной активностью (НУА-I), хранить в специальных герметичных контейнерах и затвердевать отходы с концентрацией активности >1 Бк/г (например, в смеси с цементной матрицей) для передачи в профессиональные пункты захоронения.

Очищать загрязненные участки водой; Активность сточных вод должна составлять <0,1 Бк/л перед сбросом.

Отчетность: В течение 24 часов сообщайте о разливах в местные органы по охране окружающей среды и ядерной безопасности, предоставляя подробную информацию и меры по утилизации.

7. Обращение и хранение

Меры предосторожности при обращении:

Меры защиты: Персонал должен носить защитную одежду, респираторы и перчатки. Рабочие зоны должны быть оборудованы локальными вытяжными колпаками (скорость воздуха 0,5-1 м/с) и фильтрами HEPA (эффективность улавливания >99,9%).

Требования к шлифованию: Используйте специальные шлифовальные станки с системами улавливания пыли под отрицательным давлением для предотвращения дисперсии ториевой пыли.

Мониторинг окружающей среды: Регулярно измеряйте мощность дозы X-γ (<0,05 мкЗв/ч) и α, β загрязнение поверхности (<0,4 Бк/см²) в рабочих зонах в соответствии с GB 18871-2002.

Обучение: Операторы должны пройти обучение по радиационной безопасности, чтобы понимать риски тория-232 для здоровья.

Меры предосторожности при хранении:

Хранить в сухом (влажность <60%), хорошо проветриваемом специализированном складе при температуре 10-30°C.

Используйте герметичные контейнеры из нержавеющей стали или пластика, помеченные радиоактивными предупреждающими этикетками.

Храните разные модели электродов отдельно; Храните выброшенные электроды в специальных контейнерах для радиоактивных отходов.

Регулярно проверяйте уровень радиации в местах хранения, при этом записи архивируются не менее 5 лет.

8. Контроль воздействия / Личная защита

Пределы профессионального воздействия:

Публичный: Годовая эффективная доза <1 мЗв (ICRP 103).

Профессиональная доза: годовая эффективная доза <20 мЗв, средняя за 5 лет <4 мЗв (GB 18871-2002).

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Пределы окружающей среды: мощность дозы в рабочей зоне <0,05 мкЗв/ч, загрязнение поверхности <0,4 Бк/см².

Инженерные средства контроля:

В производственных и эксплуатационных помещениях должны быть герметичные колпаки, фильтры HEPA и системы вентиляции с отрицательным давлением.

Измельчительное оборудование должно быть подключено к системам сбора пыли с эффективностью улавливания >99,9%.

Средства индивидуальной защиты:

Защита органов дыхания: Носите респираторы KN95 или FFP2 для предотвращения вдыхания ториевой пыли.

Защита глаз: Используйте защитные очки, чтобы предотвратить попадание пыли в глаза.

Защита кожи: Носите защитную одежду с длинными рукавами и перчатки, чтобы избежать контакта с кожей.

Мониторинг: Операторы должны носить персональные дозиметры с ежегодными медицинскими осмотрами и записями о дозах.

Меры гигиены:

После работы вымойте руки с мылом; запретить прием пищи и курение в рабочих зонах.

Храните рабочую одежду отдельно от повседневной одежды и регулярно стирайте.

9. Физические и химические свойства

Внешний вид и характеристики: Серебристо-серый металлический стержень с цветовой маркировкой концов (WT10 желтый, WT20 красный, WT30 фиолетовый, WT40 оранжево-желтый).

Температура плавления: 3422°C (вольфрамовая матрица).

Плотность: 18,5-19,0 г/см³ (95-98% от теоретической плотности).

Твердость: 350-450 HV.

Растворимость: Нерастворим в воде, растворим в сильных кислотах (например, в смеси азотной кислоты и фтористоводородной кислоты).

Радиоактивность: Содержит торий-232, испускает α частиц (4,01-4,08 МэВ) и минорные β, γ лучей, с концентрацией активности 1-4 Бк/г.

10. Стабильность и реакционная способность

Стабильность: Стабильна при комнатной температуре; может выделять следовые частицы диоксида тория при высоких температурах (>2000°C).

Реакционная способность: реагирует с сильными кислотами (например, азотной кислотой, фтористоводородной кислотой) с образованием соединений тория; Может вызывать легкие реакции с сильными окислителями.

Несовместимые материалы: Избегайте контакта с кислотными веществами и легковоспламеняющимися веществами.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

11. Токсикологическая информация

Острая токсичность: Нет значительной острой токсичности; Данные LD50 недоступны.

Хроническая токсичность: длительное вдыхание ториевой пыли может увеличить риск для здоровья легких (годовая эффективная доза <1 мЗв безопасна).

Канцерогенность: МАИР классифицирует торий-232 как канцероген группы 1; Длительное воздействие низких доз может увеличить риск развития рака легких, что требует строгой защиты.

Репродуктивная токсичность: Нет четких доказательств репродуктивной токсичности.

Органы-мишени: дыхательная система, кожа, глаза.

12. Экологическая информация

Воздействие на окружающую среду: Неправильная утилизация торийсодержащих отходов может привести к загрязнению почвы и воды, что повлияет на экосистемы.

Биоаккумуляция: соединения тория могут попадать в пищевую цепь через воду, что требует строгого контроля выбросов (активность сточных вод <0,1 Бк/л).

Требования к утилизации: Проводить в соответствии с «Мероприятиями по радиационному контролю окружающей среды и раскрытию информации о предприятиях, использующих попутные радиоактивные полезные ископаемые (пробные)».

13. Соображения по утилизации

Классификация отходов: Выброшенные торий-вольфрамовые электроды и пыль относятся к радиоактивным отходам с низкой удельной активностью (LSA-I).

Способы утилизации:

Собирайте в специальные герметичные контейнеры с пометкой «Радиоактивные отходы».

Отходы с активной концентрацией >1 Бк/г должны быть затвердевать (например, смешаны с цементной матрицей) и отправлены в профессиональные пункты захоронения (например, в Китайскую национальную ядерную корпорацию).

Отходы с активной концентрацией <1 Бк/г могут быть обращены как обычные отходы с разрешения органа по ядерной безопасности.

Контроль выбросов: Сточные воды должны быть очищены путем осаждения и ионного обмена, с активностью <0,1 Бк/л перед сбросом.

Записи: Партия документа, количество, концентрация активности и дата утилизации, архивирование не менее 5 лет.

14. Информация о транспорте

Транспортная классификация: радиоактивный материал с низкой удельной активностью (LSA-I), соответствующий стандартам МАГАТЭ SSR-6 и GB 11806-2004.

Требования к упаковке:

Используйте упаковку типа А (коробки из нержавеющей стали или высокопрочного пластика, толщиной >2 мм), маркированные радиоактивными предупреждающими этикетками.

Мощность поверхностной дозы упаковки <0,1 мкЗв/ч, поверхностное загрязнение <0,4 Бк/см².

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Меры предосторожности при транспортировке:

Используйте специальные грузовые автомобили или грузовые трюмы с ударопрочными приспособлениями и детекторами радиации (например, RadEye PRD).

Транспортный персонал должен пройти обучение по радиационной безопасности и носить индивидуальные дозиметры.

Транспортные маршруты должны проходить в обход густонаселенных районов, с предварительным декларированием в органы по ядерной безопасности.

Международные перевозки: Предоставьте сертификаты на перевозку радиоактивных материалов на английском языке в соответствии с правилами IATA или IMDG.

15. Нормативная информация

Международные правила:

Публикация МКРЗ № 103 (2007 г.): Публичная годовая эффективная доза <1 мЗв, профессиональное воздействие <20 мЗв.

ССР-6 МАГАТЭ (2018 год): Требования к упаковке для перевозки радиоактивных материалов и предельные значения.

ЕС 2013/59/Евратом: Мощность дозы в окружающей среде производства и использования <0,1 мкЗв/ч, поверхностное загрязнение <0,4 Бк/см².

Внутренние правила:

GB 18871-2002: Основные стандарты защиты от ионизирующего излучения, мощность дозы в окружающей среде <0,05 мкЗв/ч, активность отходов <1 Бк/г.

GB/T 4187-2017: Вольфрамовые электроды для дуговой сварки в среде инертного газа и плазменной сварки, определение состава и производительности.

Мероприятия по радиационному мониторингу окружающей среды и раскрытию информации о предприятиях, использующих попутные радиоактивные полезные ископаемые (пробная версия): Требуется ежегодные отчеты о радиационном мониторинге и публичное раскрытие.

Корпоративный комплаенс:

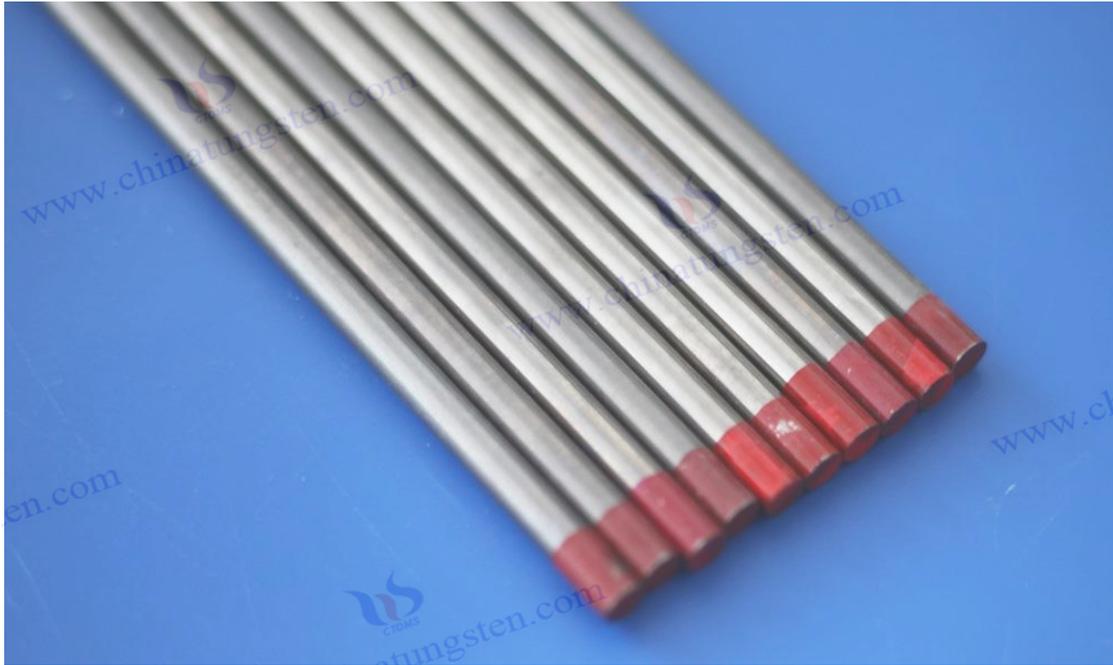
Зарегистрируйтесь в Национальном управлении по ядерной безопасности для получения разрешений на обращение с радиоактивными материалами.

Получите сертификаты ISO 14001 (Экологический менеджмент) и ISO 45001 (Охрана труда и техника безопасности).

16. Информация о поставщиках

Поставщик: CTIA GROUP LTD

Тел.: 0592-5129696/5129595



CTIA GROUP LTD ЭЛЕКТРОД WT20

Глава 4 Подготовка и технология производства ториевого вольфрамового электрода

Подготовка ториевых вольфрамовых электродов — это сложный процесс, который включает в себя выбор сырья высокой чистоты, технологию прецизионной порошковой металлургии, литейную обработку, а также строгий контроль качества и меры радиоактивной защиты. Производственный процесс напрямую определяет производительность электрода, в том числе стабильность дуги, скорость выгорания и срок службы. В этой главе будет подробно рассмотрена подготовка и технология производства ториевых вольфрамовых электродов, включая подготовку сырья, процесс порошковой металлургии, процесс прокатки и шлифования, контроль качества, а также предотвращение и контроль радиоактивного загрязнения.

4.1 Подготовка сырья для ториевых вольфрамовых электродов

Производительность ториевых вольфрамовых электродов в значительной степени зависит от качества и чистоты сырья. Порошок вольфрама и оксид тория (ThO_2) являются основным сырьем для приготовления ториевых вольфрамовых электродов, а процессы их выбора, очистки и легирования имеют решающее значение для химического состава, микроструктуры и конечных свойств электродов.

4.1.1 Выбор и очистка вольфрамового порошка

Вольфрамовый порошок является основным компонентом ториевого вольфрамового электрода, на его долю приходится 95,8%-99,2% массы электрода. Вольфрам является тугоплавким металлом с высокой температурой плавления (3422°C) и высокой плотностью ($19,25 \text{ г/см}^3$), а его порошковая морфология напрямую влияет на формуемость последующего процесса порошковой металлургии и производительность электрода.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Выбор вольфрамового порошка

При выборе вольфрамового порошка следует учитывать размер, чистоту и морфологию частиц. Порошки вольфрама, обычно используемые в промышленности, имеют размер от 1 до 10 мкм, а слишком мелкие порошки (<1 мкм) могут вызвать чрезмерную усадку при спекании, в то время как слишком крупные порошки (>10 мкм) могут снизить плотность и однородность электрода. Равномерное распределение частиц по размерам обычно требуется для обеспечения хорошей сыпучести порошка при прессовании и спекании.

Чистота является ключевым показателем при выборе вольфрамового порошка. Чистота вольфрамового порошка должна достигать более 99,95%, чтобы уменьшить влияние примесей (таких как железо, никель, кислород, углерод и т. д.) на проводимость и сварочные характеристики электрода. Высокий уровень примесей может привести к нестабильности дуги или повышенному горению электродов. Например, уровень кислорода выше 0,02% может образовывать летучие оксиды (WO_3) при высоких температурах, сокращая срок службы электродов.

Также следует учитывать морфологию вольфрамового порошка. Вольфрамовый порошок с почти сферической или многогранной морфологией обычно выбирают из-за его высокой насыпной плотности и текучести, что способствует равномерности пресс-формования. Химическое осаждение из газовой фазы (CVD) или восстановление водорода обычно используются в производстве для приготовления вольфрамового порошка высокой чистоты, чтобы гарантировать, что качество порошка соответствует международным стандартам (e.g. ISO 6848:2015).

Очистка вольфрамового порошка

Процесс очистки вольфрамового порошка предназначен для удаления примесей из сырья и улучшения чистоты и производительности. К распространенным методам очистки относятся:

Метод восстановления водорода: вольфрамовая кислота (H_2WO_4) или оксид вольфрама (WO_3) восстанавливается до порошка металлического вольфрама в высокотемпературной (800-1000°C) водородной атмосфере. Этот метод позволяет эффективно удалять кислород и некоторые летучие примеси для получения вольфрамового порошка высокой чистоты.

Процесс травления: используйте разбавленный раствор соляной кислоты или азотной кислоты для очистки вольфрамового порошка, чтобы удалить металлические примеси, такие как железо и никель, адсорбированные на поверхности. После травления повторно промойте деионизированной водой, чтобы избежать остатков кислоты.

Высокотемпературная вакуумная обработка: вольфрамовый порошок обрабатывается при высокой температуре (1200-1500°C) в вакуумной среде (10^{-4} Па) для дальнейшего удаления остаточного кислорода и углерода для обеспечения чистоты 99,99%.

Очищенный вольфрамовый порошок подвергается просеиванию частиц по размерам (обычно с помощью вибрационного сита или классификатора воздушного потока), чтобы убедиться, что распределение частиц по размерам соответствует требованиям. После

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

просеивания вольфрамовый порошок необходимо хранить в сухой, вакуумной среде или среде инертного газа, чтобы предотвратить окисление или поглощение влаги.

4.1.2 Процесс легирования оксидом тория

Оксид тория (ThO_2) является ключевым допаном ториевых вольфрамовых электродов, и его содержание (0,8-4,2%) напрямую влияет на работу электронов и дуговую стабильность электродов. Процесс легирования оксидом тория должен обеспечивать его равномерное распределение в вольфрамовой матрице при одновременном контроле риска радиоактивности.

Выбор оксида тория

Порошки оксида тория должны иметь высокую чистоту (>99,9%) и соответствующий размер частиц (0,5-2 мкм). Слишком мелкие частицы оксида тория могут агломерироваться в процессе спекания, что приводит к неравномерному распределению; Слишком крупные частицы могут снизить механическую прочность электрода. Оксид тория обычно получают путем термического разложения или осаждения солей тория (например, нитрата тория), а содержание примесей (таких как уран, железо и т. д.) необходимо строго контролировать, чтобы не повлиять на работу электрода.

Из-за следовой радиоактивности оксида тория (торий-232, период полураспада 14 миллиардов лет) его заготовка и хранение должны соответствовать правилам обращения с радиоактивными веществами (например, GB 18871-2002). Поставщики должны предоставить отчет об испытаниях на радиоактивность, чтобы убедиться, что концентрация активности ниже освобожденного стандарта (1 Бк/г).

Процесс легирования

Процесс легирования оксидом тория обычно осуществляется на стадии смешивания, и к основным методам можно отнести:

Сухое смешивание: порошок вольфрама и порошок оксида тория смешиваются в высокоскоростном смесителе (например, V-образном смесителе или трехмерном смесителе), а время смешивания обычно составляет 4-8 часов. В процессе смешивания следует добавлять небольшое количество органических связующих веществ (таких как поливиниловый спирт, ПВА) для улучшения текучести порошка и предотвращения агломерации частиц оксида тория.

Влажное смешивание: порошок вольфрама и порошок оксида тория диспергируются в деионизированной воде или этаноле и смешиваются влажным путем с помощью шаровой мельницы (обычно с использованием шариков из диоксида циркония). Влажное смешивание улучшает однородность, но для удаления растворителей требуется последующая сушка (100-150°C, вакуум или инертная атмосфера).

Химический метод совместного осаждения: в раствор вольфрамата добавляют нитрат тория, и путем совместного осаждения образуется вольфрам-ториевый комплекс, а затем получают легированный порошок путем высокотемпературного восстановления. Этот метод позволяет

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

добиться равномерного легирования на атомном уровне, но он дорог и часто используется в производстве высококачественных электродов.

Содержание оксида тория в процессе легирования должно строго контролироваться, а пропорции WT10 (0,8-1,2%), WT20 (1,7-2,2%), WT30 (2,8-3,2%) и WT40 (3,8-4,2%) должны быть точно взвешены (точность $\pm 0,01\%$). Смешанный порошок обнаруживается с помощью рентгенофлуоресцентной спектроскопии (XRF) или спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ICP) для обеспечения однородности.

Радиологическая защита

В процессе легирования оксидом тория требуются строгие меры радиоактивной защиты. Операторы должны носить защитную одежду и маски, а смесительное оборудование должно быть оборудовано герметичной крышкой и системой вентиляции для предотвращения распространения пыли. Смешанный порошок следует хранить в герметичном контейнере с радиоактивной предупреждающей этикеткой.

4.2 Процесс порошковой металлургии ториевого вольфрамового электрода

Порошковая металлургия является основным процессом получения ториевых вольфрамовых электродов, в ходе которого порошок вольфрама и порошок оксида тория превращаются в высокопроизводительные электродные стержни путем смешивания, прессования, спекания и термической обработки. Этот процесс требует точного контроля параметров на каждой стадии, чтобы обеспечить постоянную плотность, структуру зерна и производительность электрода.

4.2.1 Смешивание и прессование

Смесь

Компаундирование является первым этапом в порошковой металлургии и призвано обеспечить равномерное распределение вольфрамового порошка и оксида тория. Смесительное оборудование обычно представляет собой высокоскоростной смеситель или шаровую мельницу, а время и скорость смешивания необходимо регулировать в соответствии с размером и соотношением частиц порошка. Например, электрод WT20 (1,7-2,2% ThO₂) необходимо перемешивать в течение 6-8 часов при 200-300 об/мин, чтобы избежать агломерации частиц оксида тория.

Небольшое количество связующего вещества (например, ПВА или полиэтиленгликоль, ПЭГ, массовое соотношение 0,5-1%) добавляется в процессе смешивания для улучшения текучести порошка. После завершения смешивания распределение частиц порошка по размерам проверяется лазерным анализатором размеров частиц, чтобы убедиться, что D50 (средний размер частиц) находится в диапазоне 2-5 мкм.

подавлять

В процессе прессования смешанный порошок превращается в заготовку, обычно путем холодного изостатического прессования (CIP) или прессования. Холодное изостатическое

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

прессование является основным методом, при котором порошок прессуется в стержневые или пластинчатые заготовки под высоким давлением (100-200 МПа). В процессе прессования необходимо контролировать давление и время выдержки (1-3 минуты), чтобы плотность первичной заготовки была равномерной (около 60-70% от теоретической плотности).

Прессовое оборудование оснащено прецизионными пресс-формами, обычно изготовленными из твердого сплава или нержавеющей стали, чтобы выдерживать высокое давление и обеспечивать точность размеров. Диаметр и длина заготовки зависят от окончательной спецификации электрода (например, 1,6 мм, 2,4 мм, 3,2 мм). После прессования заготовка подвергается предварительному осмотру (например, визуальному осмотру и тесту на плотность) для удаления трещин или дефектов.

4.2.2 Процесс спекания

Спекание является ключевым этапом в порошковой металлургии, где первичная заготовка уплотняется и формируется стабильная микроструктура в результате высокотемпературной обработки. Спекание ториевых вольфрамовых электродов обычно осуществляется в атмосфере водорода или вакуума для предотвращения окисления.

Агломерационное оборудование и условия его эксплуатации

Печь для спекания обычно представляет собой высокотемпературную печь сопротивления или индукционную печь с диапазоном рабочих температур 2000-2800 °С. Процесс спекания делится на три этапа:

Низкотемпературное предварительное спекание (800-1200°C): Удаляют связующие и летучие примеси, а усадка первичной заготовки составляет около 5-10%.

Высокотемпературное спекание (2200-2800°C): частицы вольфрама диффундируют и соединяются, причем частицы оксида тория равномерно распределяются в вольфрамовой матрице, а плотность заготовки достигает 95-98% от теоретической плотности.

Изоляция и охлаждение (1800-1000°C): Контролируя время выдержки (2-4 часа) и скорость охлаждения (10-20°C/мин), оптимизируется структура зерна и снижается внутреннее напряжение.

Атмосфера спекания должна строго контролироваться, а чистота водорода должна быть > 99,999%, чтобы избежать загрязнения кислородом или азотом. Вакуумное спекание (10⁻⁴ Па) еще больше снижает содержание примесей и подходит для производства высококачественных электродов.

Контроль микроструктуры

В процессе спекания ключевыми факторами являются распределение частиц оксида тория в вольфрамовой матрице и размер зерна. Правильная температура и время спекания могут привести к равномерному распределению частиц оксида тория (размер частиц 0,5-2 мкм) и избежать агломерации или сегрегации. Размер зерен вольфрамовой матрицы обычно контролируется на уровне 10-50 мкм, и слишком крупные зерна могут снизить механическую

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

прочность, в то время как слишком мелкие зерна могут повлиять на электропроводность.

Спеченная заготовка анализируется с помощью металлургической микроскопии и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), чтобы убедиться в отсутствии трещин, пор или сегрегации оксида тория. Тесты на плотность (Архимед) подтверждают, что плотность заготовки составляет 18,5-19,0 г/см³.

4.2.3 Термическая обработка и контроль зерна

Термическая обработка является важным этапом после спекания для оптимизации структуры зерна, механических свойств и сварочных свойств электрода. Термическая обработка обычно состоит из двух этапов: отжиг и контроль зерна.

отжигать

Отжиг осуществляется в водородной или вакуумной атмосфере при температуре 1200-1600°C и времени выдержки 1-2 часа. Отжиг снимает внутренние напряжения, возникающие в процессе спекания, и улучшает пластичность и сопротивление разрушению электрода. После отжига твердость электрода немного снижается (около 350-400 HV), но ударная вязкость значительно улучшается, что делает его пригодным для последующей каландрации.

Контроль зерна

Система контроля зерен регулирует размер зерна вольфрамовой матрицы с помощью точного процесса термообработки. Более мелкие зерна (10-20 мкм) повышают механическую прочность электрода и подходят для сильноточной сварки; Более крупные зерна (30-50 мкм) полезны для проводимости и стабильности дуги. Контроль размера зерна зависит от:

Температура спекания: высокая температура (>2600°C) способствует росту зерна, низкая температура (<2200°C) препятствует росту зерна.

Легирующий эффект: частицы оксида тория могут разрушать границы зерен, препятствовать разрастанию зерен и обеспечивать однородную микроструктуру.

Скорость охлаждения: Быстрое охлаждение (20-30°C/мин) фиксирует мелкие зерна, а медленное охлаждение (5-10°C/мин) приводит к более крупным зернам.

После термической обработки зернистая структура заготовки проверяется с помощью рентгеновской дифракции (XRD) и металлографического анализа, чтобы убедиться, что она соответствует требованиям к производительности WT10, WT20, WT30 или WT40.

4.3 Процесс прокатки и шлифования ториевого вольфрамового электрода

В процессе каландрирования и шлифования спеченная заготовка превращается в электродный стержень, соответствующий спецификациям, чтобы обеспечить точность размеров, качество поверхности и стабильную производительность.

4.3.1 Формовка электродных стержней

Каландрирование – это основной процесс формовки электродного стержня, при котором

спеченная заготовка обрабатывается до нужного диаметра (0,5-10 мм) путем многопроходного горячего или холодного каландрирования. Горячее каландрирование обычно проводят при температуре 1400-1800°C, используя многовалковый каландр для постепенного уменьшения диаметра заготовки. Величина деформации контролируется на уровне 10-20% за каландрирование, чтобы избежать трещин или концентраций внутренних напряжений.

Процесс каландрирования

Оборудование: Многовалковый каландр или ротационная ковочная машина, оснащенная прецизионными штампами и системами нагрева.

Технологические параметры: температура 1400-1800°C, скорость каландрирования 0,5-2 м/мин, деформация 10-20%/проход.

Контроль атмосферы: водородная или вакуумная атмосфера для предотвращения окисления.

После каландрирования электродный стержень расправляется (с помощью выпрямителя) и проводится предварительный осмотр размеров. Допуски по диаметру обычно контролируются на уровне $\pm 0,05$ мм, а допуски по длине — ± 1 мм. Различные типы электродов (например, WT20, WT40) необходимо выбирать в соответствии с диаметром, подходящим для конечного применения, например, 1,6 мм для сварки слабым током и 4,8 мм для сварки сильным током.

Резка и предварительная обработка

Каландрированные длинные прутки нарезаются до стандартной длины (например, 150 мм или 175 мм) с помощью алмазного или лазерного резака для обеспечения плоского резака. После резки электродный стержень проходит предварительную шлифовку для удаления поверхностного оксидного слоя и заусенцев при подготовке к последующему процессу шлифования.

4.3.2 Полировка поверхности и контроль точности

Полировка поверхности является заключительным этапом подготовки ториевых вольфрамовых электродов и предназначена для улучшения качества поверхности и точности размеров, а также для уменьшения дрейфа дуги и угара при сварке.

Шлифовка и полировка

Грубая шлифовка: для удаления поверхностных дефектов используется алмазный шлифовальный круг (размер зерна 80-120 меш), а шероховатость поверхности достигает Ra 1,6-3,2 мкм.

Тонкое шлифование: Мелкозернистые шлифовальные круги (200-400 меш) используются для дальнейшего сглаживания поверхности с шероховатостью Ra 0,8-1,6 мкм.

Полировка: Используйте полировальную пасту и высокоскоростное вращающееся тканевое колесо, чтобы уменьшить шероховатость поверхности до Ra 0,2-0,4 мкм для обеспечения зеркального эффекта.

В процессе полировки используется специальное шлифовальное оборудование, оснащенное системой водяного охлаждения для снижения температуры и предотвращения термического повреждения вольфрамовой матрицы и оксида тория. Шлифовальная пыль собирается через кожух и высокоэффективную систему фильтрации для предотвращения радиоактивного загрязнения.

Прецизионное управление

Точность диаметра: диаметр определяется с помощью лазерного штангенциркуля с допуском $\pm 0,02$ мм.

Прямолинейность: Обнаруживается оптическим проектором или лазерным сканером для обеспечения отклонения от прямолинейности $< 0,1$ мм/м.

Качество поверхности: Поверхность проверяется с помощью микроскопии без трещин, царапин и остатков оксидов.

После полировки электроды проходят окончательную очистку (ультразвуковую или химическую) для удаления масла и пыли с поверхности, после чего следует вакуумная упаковка для предотвращения окисления.

4.4 Контроль качества ториевых вольфрамовых электродов

Контроль качества осуществляется на каждом этапе подготовки торий-вольфрамовых электродов, включая однородность состава, точность размеров и качество поверхности, чтобы гарантировать, что электрод соответствует международным стандартам (e.g. ISO 6848:2015) и требованиям заказчика.

4.4.1 Испытание на однородность ингредиентов

Однородность состава напрямую влияет на производительность сварки и консистенцию электрода. Анализы включают в себя:

Рентгенофлуоресцентная спектроскопия (РФА): неразрушающее детектирование вольфрама и оксида тория с точностью до $\pm 0,01\%$. Например, электрод WT20 должен следить за тем, чтобы содержание оксида тория было в пределах 1,7-2,2%.

Спектроскопия индуктивно связанной плазмы (ICP-OES): Высокоточный анализ примесных элементов (например, Fe, Ni, O, C) обеспечивает общее содержание примесей $< 0,05\%$.

Сканирующая электронная микроскопия (SEM-EDS): анализ распределения и размера частиц оксида тория для подтверждения отсутствия агломерации или сегрегации.

Частота тестирования обычно составляет 10-20% отбора проб на партию, а неквалифицированные партии необходимо повторно смешивать или спекать.

4.4.2 Контроль размеров и качества поверхности

Контроль размеров и качества поверхности обеспечивает геометрическую точность и эффективность сварки электродов. Анализы включают в себя:

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Контроль размеров: диаметр и длина измеряются с помощью лазерных штангенциркулей и микрометров, а допуски соответствуют стандартам (например, GB/T 4187-2017).

Определение прямолинейности: измеряется лазерным сканером или оптическим проектором для обеспечения отклонения $< 0,1$ мм/м.

Контроль качества поверхности: Осмотрите поверхность с помощью светового микроскопа или измерителя шероховатости поверхности с шероховатостью $Ra < 0,4$ мкм и без трещин, царапин и оксидов.

Несоответствующие электроды должны быть переработаны (отшлифованы или отполированы) или утилизированы, а записи о проверках архивируются для отслеживания проблем с качеством.

4.5 Предупреждение и контроль радиоактивного загрязнения ториевых вольфрамовых электродов

Следовая радиоактивность оксида тория (тория-232) является серьезной проблемой при производстве ториевых вольфрамовых электродов, что требует строгого обращения с отходами, защитных мер и утилизации отходов для снижения рисков для здоровья и окружающей среды.

4.5.1 Обращение с радиоактивными отходами в производственном процессе

К радиоактивным отходам, образующимся в процессе производства, относятся пыль, отходы и сточные воды. Меры по управлению включают:

Улавливание пыли: Оборудование для смешивания, шлифовки и полировки требует защитного колпака и высокоэффективной системы фильтрации (например, фильтра HEPA) с коэффициентом улавливания $> 99,9\%$.

Классификация отходов: Отходы от спекания и резки собираются отдельно и хранятся в герметичных контейнерах с предупреждением о радиоактивности.

Мониторинг отходов: Деятельность отходов регулярно контролируется с помощью детектора мощности дозы излучения X-γ (AG1123) и детектора поверхностного загрязнения α и β (XH-3206), чтобы убедиться, что она ниже стандарта исключения (1 Бк/г).

Учет отходов и отчетность по ним осуществляются в соответствии с Мероприятиями по радиационному контролю окружающей среды и раскрытию информации предприятий по разработке и утилизации попутных радиоактивных рудников (для опытного внедрения).

4.5.2 Меры защиты и требования к оборудованию

Защитные меры предназначены для защиты операторов и окружающей среды от радиационной опасности:

Средства индивидуальной защиты: операторы обязаны носить защитную одежду, респираторы и перчатки, а также регулярно контролировать дозу облучения (эффективная доза < 1 мЗв в год).

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Требования к оборудованию: Смесители, печи для спекания и измельчительное оборудование должны быть оборудованы закрытыми колпаками и системами вентиляции, а выбросы выхлопных газов должны очищаться через фильтры с активированным углем.

Рабочая среда: В производственном цехе необходимо установить радиационные мониторы для контроля мощности дозы X-γ (<0,1 мкЗв/ч) и загрязнения α и β поверхности в режиме реального времени.

4.5.3 Очистка сточных вод и твердых бытовых отходов

Очистка сточных вод: Сточные воды, образующиеся в результате смешивания и очистки, должны быть очищены путем осаждения, фильтрации и ионного обмена для удаления соединений тория, а активность сточных вод должна составлять менее 0,1 Бк/л перед сбросом.

Переработка твердых отходов: пыль и отходы должны быть затвердевать (например, смешаться с цементной матрицей) и храниться в специальном хранилище радиоактивных отходов, которое регулярно передается профессиональным учреждениям для захоронения.

Документация и надзор: Утилизация отходов подлежит регулярным проверкам со стороны органов охраны окружающей среды, которые регистрируют активность, вес и методы утилизации.



CTIA GROUP LTD ЭЛЕКТРОД WT20

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 (ThO₂). 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

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Глава 5 Использование ториевого вольфрамового электрода

Благодаря своим превосходным физико-химическим и сварочным свойствам, ториевые вольфрамовые электроды имеют широкий спектр применения в промышленных областях, особенно в аргонодуговой сварке вольфрама (сварка TIG), плазменной сварке и других специальных промышленных сценариях. Низкий уровень убегания электронов, высокая стабильность дуги и низкая скорость выгорания ториевых вольфрамовых электродов делают их предпочтительным материалом для высокоточной сварки с высокой нагрузкой. Однако из-за следового количества радиоактивности, приносимой оксидом тория (ThO_2), сценарии применения ограничены, что способствует разработке и замещению нерадиоактивных электродов. В этой главе будет подробно рассмотрено применение ториевых вольфрамовых электродов в области сварки, других промышленных применений, а также ограничения сценариев их применения.

5.1 Применение ториевого вольфрамового электрода в области сварки

Применение ториевого вольфрамового электрода в области сварки в основном сосредоточено в процессе аргонодуговой сварки вольфрама (TIG), плазменной сварки и сварки отрицательным электродом постоянного тока (DCEN). Его превосходные характеристики инициирования дуги и стабильность дуги делают его идеальным выбором для сварки с высокой температурой плавления и тугоплавкими металлами, а также широко используются в аэрокосмической, атомной промышленности, нефтехимической, автомобильной промышленности и судостроении.

5.1.1 Сварка вольфрамом в инертном газе

Вольфрамовая сварка в инертном газе (TIG) — это метод сварки, при котором используются вольфрамовые электроды для создания дуги под защитой инертного газа (например, аргона или гелия), и который широко используется в различных промышленных сценариях благодаря высокой точности и высокому качеству сварных швов. Ториевые вольфрамовые электроды доминируют при сварке TIG, особенно при сварке анодом постоянного тока (DCEN) и некоторых процессах сварки переменным током (AC).

Преимущества производительности

Низкое электронное напряжение ториевого вольфрамового электрода (около 2,63 эВ) позволяет легко инициировать зажигание дуги при низких напряжениях, снижая тепловложение во время зажигания дуги, что делает его пригодным для прецизионной сварки. Высокая стабильность дуги позволяет поддерживать концентрированную и непрерывную дугу в широком диапазоне токов (50-500 А), уменьшая разбрызгивание и дефекты сварных швов. Кроме того, низкая скорость выгорания ториевых вольфрамовых электродов продлевает срок службы и снижает производственные затраты. Различные типы ториевых вольфрамовых электродов (например, WT10, WT20, WT30, WT40) могут быть выбраны в соответствии с требованиями к току и материалу:

WT10 (0,8-1,2% ThO_2): подходит для прецизионной сварки слабыми токами (50-150 А),

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

например, тонколистовой нержавеющей сталью или медными сплавами.

WT20 (1,7-2,2% ThO₂): подходит для средних и высоких токов (100-300 А) и является наиболее часто используемой моделью при сварке TIG.

WT30/WT40 (2,8-4,2% ThO₂): Подходит для сварки в тяжелых условиях тока (200-500 А), например, толстолистовыми титановыми или никелевыми сплавами.

Сценарии применения

Аэрокосмическая промышленность: при сварке TIG используются ториевые вольфрамовые электроды (обычно WT20 или WT30) для сварки титановых сплавов (например, Ti-6Al-4V) и сплавов на основе никеля (например, Inconel 718) для производства фюзеляжей самолетов, лопаток двигателей и компонентов турбин. Эти компоненты требуют высокой прочности, отсутствия дефектов и отличной коррозионной стойкости сварного шва, а стабильная дуга и низкая скорость выгорания ториевого вольфрамового электрода обеспечивают качество сварного шва. Например, при изготовлении самолетов Boeing 787 электроды WT20 используются для сварки TIG конструкций фюзеляжа из титанового сплава для обеспечения механических свойств и усталостной прочности сварных швов.

Атомная промышленность: ториевые вольфрамовые электроды широко используются при сварке TIG сосудов высокого давления и трубопроводов на атомных электростанциях. Электроды WT30 или WT40 способны обеспечивать стабильную дугу при высоких токах, сварке толстостенных нержавеющей сталей (например, 316L) или никелевых сплавов, гарантируя отсутствие пористости и трещин в сварном шве. Например, при изготовлении корпуса реактора AP1000 китайской атомной промышленности ториевые вольфрамовые электроды используются для сварки ключевых компонентов.

Нефтехимическая промышленность: ториевые вольфрамовые электроды используются для сварки коррозионностойких труб и сосудов, таких как нержавеющая сталь (304, 316) и сплавы на основе никеля (хастеллой). Дуговая стойкость электрода WT20 при средних и высоких токах обеспечивает однородность и коррозионную стойкость сварного шва для удовлетворения потребностей в суровых химических средах.

Автомобилестроение: ториевые вольфрамовые электроды используются для сварки TIG высокопрочной стали и алюминиевых сплавов, например, при производстве автомобильных подвесок и выхлопных систем. Электрод WT10 подходит для сварки тонкостенных деталей при низких токах, снижая термические искажения и повреждение материала.

Меры предосторожности при эксплуатации

При использовании ториевых вольфрамовых электродов при сварке TIG необходимо подбирать подходящий диаметр электрода (1,6-6,4 мм) и угол шлифовки (15°-45°) в зависимости от материала и тока. Острые углы шлифовки (20°-30°) могут сконцентрировать дугу и повысить точность; Большой угол (30°-45°) подходит для сильноточной сварки и повышает долговечность. Расход защитного газа (8-15 л/мин) необходимо строго контролировать, чтобы избежать дрейфа дуги или окисления электродов. Шлифовка

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

электродов требует использования специальной шлифовальной машины и устройства для сбора пыли для снижения риска радиоактивности.

5.1.2 Плазменная сварка

Плазменно-дуговая сварка (PAW) — это метод сварки, при котором используется ограниченная дуга для создания высокотемпературного плазменного потока, который имеет более высокую плотность энергии и точность сварки и подходит для прецизионной сварки материалов с высокой температурой плавления. Ториевые вольфрамовые электроды превосходно подходят для плазменной сварки благодаря своей способности поддерживать стабильную дугу в условиях высокой температуры и высокого давления.

Преимущества производительности

Температура дуги при плазменной сварке может достигать 15000-20000°C, что требует чрезвычайно высокой термической стабильности и огнестойкости электрода. Высокая температура плавления (3422 °C) ториевого вольфрамового электрода и способность оксида тория к термической электронной эмиссии позволяют ему выдерживать такие экстремальные условия. Электроды WT20 и WT30 являются первым выбором для плазменной сварки из-за умеренного содержания оксида тория (1,7-3,2%) и низкой скорости выгорания. Низкая электронная работа электродов обеспечивает быстрое зажигание дуги в высокочастотном иницирующем или импульсном режиме, а стабильность дуги обеспечивает равномерность и глубину сварного шва.

Сценарии применения

Аэрокосмическая промышленность: При плазменной сварке используются ториевые вольфрамовые электроды для сварки компонентов из титановых и никелевых сплавов, таких как сопла ракетных двигателей и лопатки аэрокосмических турбин. Электрод WT20 способен обеспечить стабильную плазменную дугу при высоких плотностях энергии, обеспечивая глубину и прочность сварного шва. Например, ториевые вольфрамовые электроды используются для прецизионной плазменной сварки при сварке топливного бака ракеты Falcon компании SpaceX.

Медицинские устройства: Плазменная сварка используется для изготовления медицинских изделий из нержавеющей стали или титанового сплава, таких как хирургические инструменты и имплантаты. Электрод WT10 подходит для тонкостенных материалов при слаботочной плазменной сварке, уменьшая зону термического влияния (ЗТВ) и обеспечивая качество поверхности.

Электронная промышленность: ториевые вольфрамовые электроды используются в миниатюрной плазменной сварке для соединения электронных компонентов, таких как полупроводниковые корпуса и миниатюрные печатные платы. Электроды WT10 или WT20 обеспечивают контроль тонкой дуги для высокой точности.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Меры предосторожности при эксплуатации

При плазменной сварке ториевые вольфрамовые электроды должны использовать меньший диаметр (1,0-2,4 мм) для размещения плазменной дуги с высокой плотностью энергии. Для концентрации дуги наконечник электрода должен быть отшлифован под острым углом (15°-25°), а также необходимо точно контролировать расход защитного газа (аргона или аргоно-гелиевой смеси) (2-5 л/мин). Из-за высокой температуры окружающей среды плазменной сварки электроды должны быть оснащены сварочными горелками с водяным охлаждением, чтобы снизить тепловую нагрузку и продлить срок службы.

5.1.3 Сварка анодов постоянного тока (углеродистая сталь, нержавеющая сталь, никелевый сплав, титановый сплав и т.д.)

Анодная сварка постоянным током (DCEN) является наиболее распространенным режимом применения ториевых вольфрамовых электродов, при котором электроны перетекают от электрода к заготовке, а тепло в основном концентрируется на заготовке, снижая тепловую нагрузку на электрод. Этот режим подходит для сварки широкого спектра металлических материалов, включая углеродистую сталь, нержавеющую сталь, никелевые сплавы и титановые сплавы.

Преимущества производительности

В режиме DCEN низкая работа электронов и стабильность дуги ториевого вольфрамового электрода позволяют ему быстро инициировать дугу и поддерживать концентрированный, непрерывный поток дуги. Разные типы электродов подходят для разных токов и материалов:

Углеродистая сталь: электроды WT10 или WT20 подходят для сварки конструкционных деталей из углеродистой стали, таких как мосты и каркасы зданий, при низких и средних токах (50-200 А).

Нержавеющая сталь: электрод WT20 обеспечивает стабильную дугу при токе 100-300 А, что подходит для сварки нержавеющей стали, такой как 304, 316 и т. Д., И широко используется в нефтехимических трубопроводах и оборудовании для пищевой промышленности.

Никелевые сплавы: электроды WT30 или WT40 подходят для сварки инконеля или хастеллоя при высоких токах (200-400 А) для коррозионноустойчивых компонентов в аэрокосмическом и химическом оборудовании.

Титановые сплавы: электроды WT20 или WT30 подходят для сварки титановых сплавов (например, Ti-6Al-4V) при средних и высоких токах для использования в аэрокосмической и медицинской областях, где требуется высокая точность и бескислородная среда.

Низкая скорость выгорания ториевого вольфрамового электрода обеспечивает надежность при длительной сварке, особенно при сварке толстых листов или материалов с высокой температурой плавления. Например, электрод WT40 способен непрерывно работать в течение нескольких часов при напряжении 400 А практически без изменения формы наконечника электрода.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Сценарии применения

Аэрокосмическая промышленность: ториевые вольфрамовые электроды используются для сварки титановых и никелевых сплавов DCEN-TIG, таких как фюзеляжи самолетов, компоненты двигателей и топливные баки ракет. Электрод WT20 обеспечивает стабильную дугу при 150-250 А, обеспечивая высокую прочность и коррозионную стойкость сварного шва.

Атомная промышленность: электроды WT30 или WT40 используются для сварки корпусов высокого давления из нержавеющей стали и никелевых сплавов, таких как охлаждающие трубы ядерных реакторов. Стабильность дуги высокая, сварной шов не имеет дефектов и соответствует строгим стандартам безопасности.

Нефтехимическая промышленность: ториевые вольфрамовые электроды используются для сварки труб из углеродистой и нержавеющей стали, таких как нефтепроводы на нефтеперерабатывающих заводах. Электрод WT20 обеспечивает коррозионную стойкость и механические свойства сварного шва при средних и высоких токах.

Морская промышленность: электроды WT30 используются для сварки высокопрочных стальных пластин, таких как конструкции корпусов и палуб, а стабильность дуги обеспечивает глубину и качество сварки толстых листов.

Меры предосторожности при эксплуатации

При сварке DCEN диаметр электрода необходимо выбирать в соответствии с током (1,6-6,4 мм), а угол шлифования (20°-35°) необходимо оптимизировать для концентрации дуги. Расход защитного газа (аргона или гелия) должен поддерживаться на уровне 8-12 л/мин для предотвращения окисления электродов или загрязнения бассейна расплава. Регулярно проверяйте состояние наконечника электрода и при необходимости повторно шлифуйте для восстановления работоспособности.

5.2 Применение ториевого вольфрамового электрода в других отраслях промышленности

Помимо сварки, ториевые вольфрамовые электроды также находят важное применение в других промышленных сценариях, особенно в вакуумной электронике и дуговой резке, где их высокая температура плавления и способность к термической электронной эмиссии делают их ключевыми материалами.

5.2.1 Катодные материалы в вакуумной электронике

Ториевые вольфрамовые электроды используются в качестве катодных материалов для вакуумных электронных устройств, таких как микроволновые трубки, рентгеновские трубки и электронно-лучевые трубки, благодаря их низкой работе по убеганию электронов и высокой термической стабильности. Катод является основным компонентом излучения электронов в электронных устройствах, и материал должен быть способен стабильно работать в условиях высокой температуры и высокого вакуума.

Преимущества производительности

Легирование оксидом тория ториевого вольфрамового электрода значительно снижает работу

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

убегания электронов (2,63 эВ), заставляя его излучать большое количество электронов при более низкой температуре (около 1500-2000°C), что лучше, чем у чистого вольфрамового катода (выше 2500°C). Высокая температура плавления и устойчивость к выгоранию обеспечивают долговечность катода при работе на большой мощности. Электроды WT20 и WT30 часто используются в таких приложениях из-за умеренного содержания в них оксида тория.

Сценарии применения

Микроволновые трубки: ториевые вольфрамовые электроды используются в качестве катодов в микроволновых трубках для радаров и коммуникационного оборудования, такого как магнетроны и лампы бегущей волны. Его стабильная способность к электронному излучению обеспечивает высокочастотные характеристики и длительный срок службы устройства. Например, в военных радиолокационных системах электродный катод WT20 способен выдержать тысячи часов непрерывной работы на высокой мощности.

Рентгеновские трубки: Ториевые вольфрамовые электроды используются в катодах медицинских и промышленных рентгеновских трубок для создания стабильного электронного пучка для возбуждения рентгеновских лучей. Низкая работа электронов и высокая термическая стабильность электрода WT20 подходят для высокоинтенсивного рентгеновского оборудования, такого как компьютерные томографы.

Электронно-лучевая трубка (ЭЛТ): Несмотря на то, что технология ЭЛТ постепенно выводится из употребления, ториевые вольфрамовые электроды по-прежнему используются в качестве катодных материалов в некоторых специальных устройствах отображения, обеспечивая стабильную эмиссию электронов.

Меры предосторожности при эксплуатации

В вакуумной электронике ториевые вольфрамовые электроды должны работать в среде с высоким вакуумом (10^{-6} Па) для предотвращения окисления или загрязнения. Поверхность электрода имеет прецизионную полировку ($Ra < 0,2$ мкм) для обеспечения равномерного излучения электронов. Радиоактивная пыль должна строго контролироваться во время производства и монтажа, а операторы должны носить защитное оборудование.

5.2.2 Дуговая резка и инициирование дуги

Ториевые вольфрамовые электроды подходят для промышленных сценариев с высокой плотностью энергии благодаря высокой стабильности дуги и высокой термостойкости при резке дугой и инициировании дуги.

Преимущества производительности

Дуговая резка требует, чтобы электрод поддерживал стабильную дугу в среде с высокой температурой и высоким давлением плазмы, а низкая работа электронов и высокая температура плавления ториевого вольфрамового электрода позволяют ему быстро инициировать дугу высокой интенсивности и выдерживать экстремальные условия. Электроды WT30 и WT40 обычно используются для резки дуги и дугового разряда из-за их низкой скорости выгорания и высокой устойчивости к току.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Сценарии применения

Плазменная резка: ториевые вольфрамовые электроды используются в машинах плазменной резки для резки таких материалов, как углеродистая сталь, нержавеющая сталь и алюминиевые сплавы. Электрод WT30 обеспечивает стабильную плазменную дугу при токе 200-400 А, обеспечивая скорость и точность резки. Например, в судостроении электроды WT30 используются для резки толстых стальных листов с плоскими прорезами и небольшой зоной термического влияния.

Электродуговые печи: ториевые вольфрамовые электроды используются для зажигания дуги в небольших электродуговых печах, особенно в металлургических лабораториях, для плавления сплавов с высокой температурой плавления. Электрод WT40 способен быстро инициировать зажигание дуги и поддерживать стабильную работу при высоких токах.

Устройство зажигания: ториевые вольфрамовые электроды используются в промышленных системах розжига, таких как газовые турбины или котлы, а их способность к быстрому зажиганию дуги обеспечивает надежное зажигание.

Меры предосторожности при эксплуатации

При дуговой резке электрод должен быть оснащен эффективной системой охлаждения (например, соплом с водяным охлаждением), чтобы снизить тепловую нагрузку и продлить срок службы. Диаметр электрода (3,2-6,4 мм) и угол шлифования (30°-45°) должны быть оптимизированы в соответствии с током резки. Ториевая пыль, образующаяся в процессе резки, собирается высокоэффективной системой фильтрации для предотвращения радиоактивного загрязнения.

5.3 Ограничения сценариев применения торий-вольфрамовых электродов

Несмотря на то, что ториевые вольфрамовые электроды обладают значительными преимуществами при сварке и других промышленных применениях, их следовая радиоактивность и разработка альтернативных электродов накладывают определенные ограничения на сценарии их применения.

5.3.1 Сценарии использования радиоактивных веществ

Оксид тория (ThO_2) в ториевых вольфрамовых электродах содержит торий-232, который является природным радиоактивным элементом, выделяющим α частиц и небольшое количество β и γ лучей. Несмотря на низкую концентрацию его активности (WT10 близок к 1 Бк/г, WT40 немного выше нормы исключения), он все же требует строгих мер радиологической защиты при производстве, хранении и использовании, что ограничивает его применение в некоторых сценариях.

Радиологический риск

Производство: Пыль тория, образующаяся при смешивании, спекании и измельчении, может попасть в организм человека при вдыхании или контакте, увеличивая риск внутреннего облучения. Длительное воздействие может привести к повреждению легких или тканей, хотя риск низок (годовая эффективная доза составляет от 0,1 до 1 мЗв).

Применение: При шлифовании электродов при сварке и резке образуется радиоактивная

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

пыль, что требует использования специальных шлифовальных машин и эффективных систем вентиляции. Операторы обязаны носить защитные маски, а рабочее место обязано регулярно контролировать уровень радиации (мощность дозы $X-\gamma < 0,1$ мкЗв/ч).

Воздействие на окружающую среду: Отходы производства и использования (такие как пыль, сточные воды и отработанные электроды) должны утилизироваться в соответствии с Мероприятиями по экологическому радиационному контролю и раскрытию информации предприятий по разработке и утилизации попутных радиоактивных рудников (Опыт) во избежание загрязнения почвы и водных объектов.

Сцены с ограниченным доступом

Медицинская и пищевая промышленность: ториевые вольфрамовые электроды ограничены при сварке медицинских приборов и оборудования для пищевой промышленности из-за риска радиоактивности. Например, в Европе и Северной Америке запретили использование ториевых вольфрамовых электродов при сварке пищевой нержавеющей стали, перейдя на цериевые вольфрамовые или лантановые вольфрамовые электроды.

Районы с высокими экологическими требованиями: Европейский Союз и некоторые штаты США (например, Калифорния) имеют строгие правила использования радиоактивных материалов, а ториевые вольфрамовые электроды требуют специальных разрешений, что увеличивает стоимость использования.

Высокоточная электронная промышленность: В производстве полупроводников и микроэлектроники радиоактивность торий-вольфрамовых электродов может загрязнять окружающую среду в чистых помещениях, ограничивая их применение.

Ответ

Чтобы снизить риск радиоактивности, компании должны быть оснащены специальным оборудованием (например, закрытыми измельчителями и системами фильтрации HEPA), а операторы должны пройти обучение по радиационной защите. Переработка отходов должна соответствовать международным и национальным стандартам (например, Публикации МКРЗ 103 и GB 18871-2002) для обеспечения соблюдения концентраций активности и выбросов.

5.3.2 Тенденции применения альтернативных электродов

С ужесточением норм охраны окружающей среды, а также исследованиями и разработками нерадиоактивных электродов ториевые вольфрамовые электроды постепенно заменяются цериевыми вольфрамовыми электродами, лантаново-вольфрамовыми, циркониевыми вольфрамовыми и иттриево-вольфрамовыми электродами в некоторых сценариях применения. Эти альтернативные электроды по своим эксплуатационным характеристикам близки к ториевым вольфрамовым электродам и не имеют риска радиоактивности, что соответствует экологическим требованиям современной промышленности.

Производительность альтернативных электродов

Цериевый вольфрамовый электрод (WC20): содержит 1,8-2,2% оксида церия, работа электронов составляет около 2,7 эВ, производительность инициации дуги и стабильность дуги близки к WT20, подходит для сварки DCEN и AC, не радиоактивен, широко

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

используется в медицинской и электронной промышленности.

Лантановый вольфрамовый электрод (WL20): содержит 1,8-2,0% оксида лантана, стабильность дуги и срок службы лучше, чем цериевый вольфрамовый электрод, подходит для высокоточной и тяжелой сварки, и заменил ториевый вольфрамовый электрод в аэрокосмической и атомной промышленности.

Циркониевый вольфрамовый электрод (WZ8): содержит 0,8% диоксида циркония, специально разработан для сварки алюминиевых и магниевых сплавов переменным током, обладает хорошей стабильностью дуги, подходит для сварки легкими металлами.

Иттрий-вольфрамовый электрод (WY20): содержит 1,8-2,2% оксида иттрия, производительность близка к характеристикам лантанового вольфрамового электрода, который подходит для высокоточной сварки, но стоимость высока, а популярность на рынке низкая.

Альтернативные тренды

Европейский и американский рынки: Европейский Союз и Соединенные Штаты отказались от ториевых вольфрамовых электродов, и лантановые вольфрамовые электроды (WL20) стали основным направлением, составляя более 60% рынка сварочных электродов TIG. Цериевый вольфрамовый электрод (WC20) также широко используется в сценариях, чувствительных к стоимости.

Китайский рынок: Будучи большой страной с ресурсами вольфрама, ториевые вольфрамовые электроды по-прежнему используются в тяжелой промышленности из-за ценовых преимуществ, но доля лантан-вольфрамовых и церий-вольфрамовых электродов увеличивается из года в год, особенно в области экспортной продукции и высокотехнологичного производства.

Технологичность: Достижения в области новых легированных материалов (например, композитных оксидов редкоземельных элементов) и производственных процессов еще больше улучшили характеристики нерадиоактивных электродов. Например, скорость выгорания лантановых вольфрамовых электродов при высоких токах близка к WT40, а стоимость постепенно снижается.

Перспективы на будущее

Несмотря на то, что ториевые вольфрамовые электроды по-прежнему имеют преимущества в работе при сварке сильноточными и тяжелыми электродами, их радиоактивность побудила отрасль ускорить переход на нерадиоактивные электроды. В будущем, с дальнейшим ужесточением экологических норм и развитием альтернативных электродных технологий, ториевые вольфрамовые электроды могут постепенно быть ограничены конкретными сценариями с высоким спросом (такими как атомная промышленность и аэрокосмическая промышленность), в то время как нерадиоактивные электроды будут доминировать во всех других областях.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности



CTIA GROUP LTD ЭЛЕКТРОД WT20

Глава 6 Производственное оборудование для ториевых вольфрамовых электродов

Подготовка ториевых вольфрамовых электродов включает в себя несколько сложных технологических этапов от обработки сырья до обработки готовой продукции, каждый из которых требует высокоточного и высоконадежного специального оборудования для обеспечения производительности и качества электрода. В то же время, из-за следовой радиоактивности оксида тория (ThO_2), производственное оборудование также должно быть оснащено строгими системами защиты и обнаружения для защиты операторов и окружающей среды. В этой главе будет подробно рассмотрено оборудование для транспортировки сырья, оборудование для порошковой металлургии, оборудование для формования и обработки, оборудование для радиоактивной защиты и испытательное оборудование, используемое при производстве торий-вольфрамовых электродов.

6.1 Оборудование для переработки сырья для ториевых вольфрамовых электродов

Переработка сырья является первым этапом в производстве ториевых вольфрамовых электродов, который включает в себя измельчение и просеивание вольфрамового порошка и процесс легирования оксида тория. Специальное оборудование должно обеспечивать высокую чистоту, равномерный размер частиц и точное дозирование сырья, контролируя при этом диффузию радиоактивной пыли.

6.1.1 Оборудование для измельчения и грохочения вольфрамового порошка

Вольфрамовый порошок является основным сырьем для ториевого вольфрамового электрода, а его размер, чистота и морфология частиц напрямую влияют на плотность и сварочные характеристики электрода. Измельчительно-сортировочное оборудование используется для получения вольфрамового порошка высокой чистоты с равномерным размером частиц.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Шлифовальное оборудование

Тип оборудования: планетарная шаровая мельница или струйная мельница

Функция: Измельчить неочищенный вольфрамовый порошок (размер частиц 10-50 мкм) до мелкого порошка (1-10 мкм) для улучшения текучести и насыпной плотности порошка.

Ключевые параметры:

Скорость: 200-600 об/мин

Мелющая среда: циркониевые или твердосплавные шарики (диаметр 2-10 мм)

Время помола: 4-12 часов

Атмосфера: инертный газ (например, аргон) или вакуум для предотвращения окисления

Особенности: Планетарная шаровая мельница обладает высокой эффективностью и равномерной производительностью измельчения, а также оснащена системой охлаждения для контроля температуры и предотвращения перегрева и окисления вольфрамового порошка. Струйная мельница обеспечивает измельчение без загрязнения за счет высокоскоростного столкновения воздушного потока, что соответствует высоким требованиям к чистоте.

Типичные модели: Fritsch Pulverisette 5 (планетарная шаровая мельница), Hosokawa Alpine AFG (струйная мельница)

Требования к обслуживанию: Регулярно очищайте шлифовальный кувшин и среду, проверяйте герметичность и не допускайте загрязнения примесями.

Просеивающее оборудование

Тип оборудования: вибрационный грохот или ультразвуковая просеивающая машина

Функция: Измельченный вольфрамовый порошок сортируется в соответствии с размером частиц, а диапазон размеров частиц, соответствующий требованиям (D50 составляет около 2-5 мкм), просеивается.

Ключевые параметры:

Размер пор сетки: 1-10 мкм

Частота вибрации: 20-50 Гц

Время просеивания: 10-30 минут

Особенности: Ультразвуковая просеивающая машина предотвращает засорение сита мелким порошком из-за высокочастотной вибрации и повышает эффективность просеивания. Оборудование должно быть оснащено герметичной крышкой для предотвращения утечки пыли.

Типичные модели: Компактное сито Russell Finex, Retsch AS 200

Требования к техническому обслуживанию: Регулярно заменяйте сито и очищайте просеивающую камеру, чтобы убедиться в отсутствии остаточного загрязнения порошком.

Защитные меры

Процесс измельчения и просеивания оснащен местной выхлопной системой и высокоэффективным фильтром (HEPA) для улавливания вольфрамовой пыли и предотвращения риска вдыхания. Операторы обязаны носить респираторы от пыли и

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

защитные перчатки, а рабочая зона должна регулярно убираться.

6.1.2 Оборудование для легирования оксидом тория

Оксид тория (ThO_2) является ключевым допаном ториевых вольфрамовых электродов, и его равномерное распределение имеет решающее значение для работы электронов и стабильности дуги электродов. Легирующее оборудование должно обеспечивать точное соотношение и смешивание вольфрамового порошка и оксида тория, а также контроль радиоактивной пыли.

Тип устройства

Сухой смеситель: V-образный смеситель или трехмерный смеситель

Мокрые смесители: планетарные шаровые мельницы или шаровые мельницы с перемешиванием

Оборудование для химического осаждения: реакторы и центрифуги (для высокотехнологичного производства)

Смеситель сухого типа

Назначение: Порошок вольфрама и порошок оксида тория (размер частиц 0,5-2 мкм) равномерно перемешаны с точным соотношением $\pm 0,01\%$.

Ключевые параметры:

Скорость: 50-200 об/мин

Время смешивания: 4-8 часов

Связующее вещество: Поливиниловый спирт (ПВА, 0,5-1%)

Особенности: V-образный смеситель обеспечивает эффективное смешивание благодаря двухконусной камере, а трехмерный смеситель улучшает однородность за счет многоосевого движения. Оборудование облицовывается нержавеющей сталью или керамикой для предотвращения загрязнения.

Типичные модели: Hosokawa Nauta Mixer, WAB Turbula T2F

Меры защиты: Оборудование должно быть оснащено закрытой крышкой и системой вытяжки отрицательного давления для предотвращения распространения пыли оксида тория.

Операторы обязаны носить защитную одежду и маски.

Мокрый миксер

Функция: Вольфрамовый порошок и оксид тория смешиваются с деионизированной водой или этанолом для улучшения однородности, после чего высушиваются для приготовления легированного порошка.

Ключевые параметры:

Скорость: 100-300 об/мин

Мелющая среда: шарики из диоксида циркония

Время смешивания: 6-12 часов

Температура сушки: 100-150°C (вакуум или инертная атмосфера)

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Особенности: Влажное смешивание снижает летание пыли, подходит для высокоточного легирования. Сушительное оборудование должно быть оснащено системой рекуперации конденсата для предотвращения выброса растворителя.

Типичные модели: Netzsch PMH/PML, Fritsch Pulverisette 7

Меры защиты: Шаровая мельница должна работать в закрытом режиме, а отработанная жидкость должна быть очищена путем осаждения и фильтрации для предотвращения утечки соединений тория.

Оборудование для совместного осаждения химических веществ

Функция: Приготовление однородного легированного порошка на атомном уровне путем совместного осаждения вольфрамата и раствора нитрата тория, подходит для высококачественных электродов.

Ключевые параметры:

Температура реакции: 60-80°C

pH: 7-9

Скорость центробежки: 5000-10000 об/мин

Особенности: Реактор оснащен системой перемешивания и контроля температуры, а центрифуга осуществляет разделение твердой и жидкой фаз. Процесс сложный, но чрезвычайно однородный.

Типовые модели: IKA RW 20 (реактор), Beckman Coulter Avanti J-26

Меры защиты: Сточные воды должны быть очищены ионным обменом, а выхлопные газы реактора должны быть выведены через фильтр с активированным углем.

6.2 Оборудование для порошковой металлургии ториевых вольфрамовых электродов

Порошковая металлургия является основным процессом подготовки торий-вольфрамовых электродов, который включает в себя смешивание, прессование и спекание для превращения легированного порошка в высокоплотное тело электрода. Оборудование должно быть высокоточным и стабильным.

6.2.1 Смесители

Назначение: Вольфрамовый порошок, оксид тория и связующее вещество равномерно смешиваются для получения высококачественного сырья для прессования.

Тип оборудования: V-образный смеситель, трехмерный смеситель, двухконусный смеситель

Ключевые параметры:

Объем: 5-100 л

Скорость: 50-150 об/мин

Время смешивания: 4-8 часов

Особенности: Смеситель должен быть оснащен функцией регулировки скорости преобразования частоты и функцией синхронизации, а также облицован износостойкой керамикой или нержавеющей сталью для предотвращения загрязнения. Некоторые высокопроизводительные модели поддерживают онлайн-мониторинг размера частиц.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Типичные модели: Hosokawa Micron Vrieco-Nauta, Shuanglong V-500

Требования к техническому обслуживанию: Регулярно проверяйте уплотнения, очищайте внутреннюю полость и предотвращайте перекрестное загрязнение.

Меры защиты: Оснащенная герметичным колпаком и фильтром HEPA, рабочая зона должна быть изолирована для предотвращения распространения радиоактивной пыли.

6.2.2 Прессы

Функция: Смешанный порошок прессуется в первичную заготовку (стержень или пластину) для обеспечения основы для спекания.

Тип оборудования: холодный изостатический пресс (CIP), гидравлическая формовочная машина

Ключевые параметры:

Давление: 100-200 МПа

Время выдержки: 1-3 минуты

Материал формы: карбид вольфрама или нержавеющая сталь

Особенности: Холодный изостатический пресс оказывает равномерное давление через жидкую среду, а плотность первичной заготовки достигает 60-70%. Гидравлическая формовочная машина подходит для мелкосерийного производства и имеет более низкую стоимость.

Типичные модели: EPSI CIP 400, Dorst TPA 50

Требования к техническому обслуживанию: Регулярно проверяйте износ гидравлической системы и пресс-формы, чтобы убедиться в стабильности давления.

Меры защиты: Пресс должен быть оснащен пылезащитным чехлом, а оператор должен быть в защитных перчатках.

6.2.3 Высокотемпературная печь для спекания

Функция: Уплотнение первичной заготовки с помощью высокотемпературной обработки с образованием корпуса электрода высокой плотности.

Тип оборудования: печь для спекания сопротивления, индукционная печь для спекания, вакуумная печь для спекания

Ключевые параметры:

Температура: 2000-2800°C

Атмосфера: водород (чистота > 99,999%) или вакуум (10^{-4} Па).

Хранить в тепле: 2-4 часа

Скорость охлаждения: 10-20°C/мин

Особенности: Печь для спекания сопротивления подходит для массового производства, скорость нагрева индукционной печи для спекания высокая, вакуумная печь для спекания подходит для высококачественных электродов. Материал печи – молибден или графит, который устойчив к высоким температурам.

Типовые модели: Nabertherm НТК, ALD Vacuum Technologies VIM

Требования к техническому обслуживанию: Регулярно проверяйте герметичность печи и

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

нагревательных элементов, а также очищайте от остатков.

Меры защиты: Печь для спекания должна быть оснащена системой очистки отходящих газов для предотвращения утечки водорода или испарения соединений тория.

6.3 Формовочное и технологическое оборудование для торий-вольфрамовых электродов

Формовочное и технологическое оборудование используется для переработки спеченных тел в электродные стержни, которые соответствуют техническим требованиям, обеспечивая точность размеров и качество поверхности.

6.3.1 Календарные

Назначение: Механическая обработка спеченного тела до необходимого диаметра (0,5-10 мм) методом многопроходной горячей или холодной прокатки.

Тип оборудования: многовалковый каландр, ротационная ковочная машина

Ключевые параметры:

Температура: 1400-1800°C (горячая каландризация)

Скорость каландрирования: 0,5-2 м/мин

Деформация: 10-20% / проход

Особенности: Многовалковый каландр оснащен прецизионными формами и системой нагрева для обеспечения допуска по диаметру $\pm 0,05$ мм. Ротационная ковочная машина подходит для электродов малого диаметра и обладает высокой эффективностью.

Типичные модели: мельница SMS Group 4-Ni, обжимная машина Daniel & C.

Требования к техническому обслуживанию: Регулярно проверяйте износ поверхности роликов и системы отопления, смазывайте детали трансмиссии.

Меры защиты: Каландр должен быть оснащен высокотемпературным защитным кожухом, чтобы предотвратить ожоги оператора.

6.3.2 Шлифовальное и полировальное оборудование

Функция: Улучшение качества поверхности электродов путем грубой шлифовки, тонкой шлифовки и полировки с шероховатостью Ra 0,2-0,4 мкм.

Тип оборудования: бесцентровая шлифовальная машина, специальная полировальная машина

Ключевые параметры:

Размер шлифовального круга: 80-400 меш

Скорость: 2000-5000 об/мин

Способ охлаждения: водяное охлаждение

Особенности: Бесцентровый шлифовальный станок обеспечивает непрерывное шлифование и высокую эффективность; В полировальной машине используется алмазная полировальная паста и тканевые круги для достижения зеркального эффекта.

Типичные модели: Glebar GT-610, Struers Tegramin

Требования к техническому обслуживанию: Регулярно заменяйте шлифовальный круг и полировальную ткань, а также проверяйте систему охлаждения.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Меры защиты: Оснащен закрытой крышкой и эффективной системой удаления пыли для предотвращения распространения ториевой пыли.

6.4 Радиозащитные средства для ториевых вольфрамовых электродов

Следовая радиоактивность оксида тория (тория-232) требует оснащения производственного оборудования специальными системами защиты для снижения рисков для здоровья и окружающей среды.

6.4.1 Специальная шлифовальная машина и система удаления пыли

Функция: Собирает радиоактивную пыль при шлифовании электродов для предотвращения вдыхания или диффузии.

Тип оборудования: закрытая измельчительная машина, высокоэффективный пылеуловитель

Ключевые параметры:

Материал шлифовального круга: алмаз

Эффективность улавливания пыли: >99,9% (фильтр HEPA)

Расход воздуха: 500-1000 м³/ч

Особенности: Кофемолка оснащена прозрачной защитной крышкой и отверстием для всасывания отрицательного давления, а в пылесборнике используется многоступенчатая фильтрация (грубая фильтрация + HEPA).

Типичные модели: специализированная шлифовальная машина Weldcraft, Donaldson Torit DFO

Требования к техническому обслуживанию: Регулярно заменяйте фильтр и очищайте вакуумную трубку.

Меры защиты: операторы должны носить респираторы от пыли, а пыль должна быть герметизирована и храниться.

6.4.2 Корпуса и вентиляционное оборудование

Функция: Изолируйте радиоактивную пыль и поддерживайте чистоту рабочей среды.

Тип оборудования: вытяжной колпак местного действия, центральная система вентиляции

Ключевые параметры:

Скорость ветра: 0,5-1 м/с

Эффективность фильтрации: >99,9%

Шум: <70 дБ

Особенности: Защитная оболочка охватывает оборудование для смешивания, измельчения и спекания, систему вентиляции с фильтрами с активированным углем и HEPA.

Типичные модели: вытяжка выхлопных газов Nederman, серия Camfil APC Farr Gold

Требования к техническому обслуживанию: Регулярно проверяйте герметичность воздуховода и насыщенность фильтра.

Защитные меры: Система вентиляции должна регулярно проверять активность выхлопных газов, чтобы убедиться, что она соответствует стандарту.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

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 (ThO₂). 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

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

6.4.3 Оборудование для захоронения радиоактивных отходов

Назначение: Переработка радиоактивных отходов (пыль, сточные воды, твердые бытовые отходы) на производстве.

Тип оборудования: Система очистки сточных вод, оборудование для затвердевания, герметичный накопительный контейнер

Ключевые параметры:

Активность сточных вод: $<0,1$ Бк/л (после очистки)

Материал отверждения: цемент или смола

Контейнер для хранения: нержавеющая сталь, толщина > 2 мм

Особенности: Система очистки сточных вод удаляет соединения тория путем осаждения, фильтрации и ионного обмена; Оборудование для отверждения смешивает пыль с цементной матрицей; Контейнеры для хранения помечены предупреждением о радиоактивности.

Типичные модели: Veolia Water Technologies RO, контейнеры для отходов Orano

Требования к техническому обслуживанию: Регулярно проверяйте расход сточных вод и прочность на затвердевание, а также обновляйте записи о хранении.

Меры защиты: Утилизация отходов должна осуществляться в изолированной зоне, а операторы должны быть обучены радиационной защите.

6.5 Испытательное оборудование для ториевого вольфрамового электрода

Испытательное оборудование используется для контроля качества электродов и уровня радиоактивности, чтобы гарантировать соответствие продукции таким стандартам, как ISO 6848:2015 и требованиям безопасности.

6.5.1 Детектор мощности дозы излучения X-γ

Функция: Измерение мощности дозы рентгеновского и γ-лучевого излучения в производственной среде и на поверхности электрода.

Тип прибора: Портативный дозиметр облучения

Ключевые параметры:

Диапазон измерения: 0,01-100 мкЗв/ч

Точность: $\pm 5\%$

Детектор: счетчик GM или кристалл NaI

Особенности: Отображение мощности дозы в режиме реального времени, поддержка записи данных, подходит для проверки в мастерской.

Типичные модели: RadEye PRD (Thermo Scientific), AT1123 (Atomtex)

Требования к техническому обслуживанию: Регулярная калибровка (один раз в год) для проверки чувствительности детектора.

Сценарий использования: Обнаружение уровней радиации в зонах смешивания, измельчения и хранения для обеспечения $< 0,1$ мкЗв/ч.

6.5.2 α, β детектор поверхностного загрязнения

Функция: Измерение α, β загрязнение частицами на поверхности электрода и поверхности

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

устройства.

Тип устройства: портативный измеритель поверхностного загрязнения

Ключевые параметры:

Диапазон измерения: 0,1-1000 Бк/см²

Эффективность обнаружения: >30%(a), >40%(b)

Детектор: сцинтиллятор ZnS или газовая пропорциональная счетная трубка

Особенности: Высокая чувствительность, подходит для обнаружения следовых количеств загрязнения торием-232, поддержка быстрого сканирования.

Типовые модели: Ludlum Model 43-93, ХН-3206 (China Nuclear Instruments)

Требования к техническому обслуживанию: Регулярно проводите калибровку и проверяйте целостность окна детектора.

Сценарий использования: Обнаружение загрязнения поверхностей электродов, стенок оборудования и контейнеров для отходов после шлифования.



ЭЛЕКТРОД CTIA GROUP LTD WT10

Глава 7 Отечественные и зарубежные стандарты на ториевые вольфрамовые электроды

Ториевый вольфрамовый электрод является ключевым материалом для сварки в среде инертного газа (сварка TIG) и плазменной сварки, поэтому производство и использование ториевого вольфрамового электрода регулируется строгими международными и отечественными стандартами. Эти стандарты охватывают классификацию электродов, требования к эксплуатационным характеристикам, контроль качества и управление радиологической безопасностью, обеспечивая их постоянство и безопасность в промышленных приложениях. Поскольку ториевый вольфрамовый электрод содержит следовые количества радиоактивного оксида тория (ThO_2), соответствующие стандарты также включают конкретные требования к радиационной защите и рациональному природопользованию. В этой главе будут подробно рассмотрены международные и национальные стандарты для ториевых вольфрамовых электродов, а также стандарты радиологической безопасности.

7.1 Международные стандарты на ториевые вольфрамовые электроды

Международный стандарт предусматривает единую техническую спецификацию на производство, классификацию и применение ториевых вольфрамовых электродов, которые широко используются в мировой сварочной промышленности. К основным международным стандартам относятся ISO 6848:2015, AWS A5.12/A5.12M и EN 26848, в которых подробно прописаны химический состав, физические свойства, размерные характеристики и методы идентификации ториевых вольфрамовых электродов.

7.1.1 ISO 6848:2015 (Классификация и требования к вольфрамовым электродам)

ISO 6848:2015 «Дуговая сварка и резка — Неплавящиеся вольфрамовые электроды — Классификация» — это стандарт классификации вольфрамовых электродов, разработанный Международной организацией по стандартизации (ISO) для неплавящихся вольфрамовых электродов, включая ториевые вольфрамовые электроды, при сварке TIG и плазменной сварке.

Стандартное содержание

Классификация: Стандарт делит ториевые вольфрамовые электроды на четыре типа в зависимости от содержания оксида тория (ThO_2):

WT10: 0,8-1,2% ThO_2 , желтый

WT20: 1,7-2,2% ThO_2 , красный аппликатор

WT30: 2,8-3,2% ThO_2 , фиолетовое покрытие

WT40: 3,8-4,2% ThO_2 , оранжево-желтый аппликатор

Химический состав: Чистота вольфрамовой матрицы $\geq 99,5\%$, а общее содержание примесей (таких как Fe, Ni, C) $< 0,05\%$. Содержание оксида тория необходимо точно контролировать, а отклонение составляет $\pm 0,1\%$.

Размеры: диапазон диаметров электродов 0,5-10 мм, допуск $\pm 0,05$ мм; Длина обычно

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

составляет 50 мм, 75 мм, 150 мм или 175 мм с допусками ± 1 мм.

Качество поверхности: Поверхность электрода должна быть гладкой, без трещин, оксидов или масел, а шероховатость должна составлять $Ra \leq 0,4$ мкм.

Требования к эксплуатационным характеристикам: Электрод должен соответствовать определенным требованиям к стабильности дуги, производительности зарождения дуги и скорости выгорания. Например, WT20 необходимо поддерживать стабильную дугу при 100-300 А со скоростью выгорания $< 0,1$ мм/ч.

Маркировка: Верхняя часть электрода должна иметь цветовую маркировку (например, красный для WT20), а на упаковке должна быть указана модель, партия и информация о производителе.

Сфера применения

Стандарт ISO 6848:2015 применяется к мировой сварочной промышленности и является основой для международной торговли и сертификации качества. Стандарт также классифицирует нерадиоактивные электроды (например, цериевый вольфрам, лантановый вольфрам), что отражает тенденцию к замене ториевых вольфрамовых электродов.

Особенности и значение

Единообразие: Обеспечить единую классификацию и стандарт производительности для мировых производителей и пользователей ториевых вольфрамовых электродов, что удобно для контроля качества и международной торговли.

Безопасность: В стандарте упоминается радиоактивная опасность оксида тория и рекомендуются защитные меры во время производства и использования, такие как системы вентиляции и устройства для сбора пыли.

Обновление: Издание 2015 года обновляет издание 1992 года дополнительными требованиями к охране окружающей среды и радиологической защите, отражая тенденцию развития нерадиоактивных электродов.

Требования к реализации

Производители обязаны пройти аудит органа по сертификации ISO, чтобы убедиться, что производственный процесс и качество продукции соответствуют стандартам. Методы детектирования включают рентгенофлуоресцентный спектроскопический анализ составов (РФА), лазерное измерение диаметра для определения размера и металлографическую микроскопию для определения микроструктуры.

7.1.2 AWS A5.12/A5.12M (Спецификация вольфрамового электрода Американского института сварки)

AWS A5.12/A5.12M:2009 «Спецификация на вольфрамовые и оксидно-дисперсные вольфрамовые электроды для дуговой сварки и резки» — это спецификация вольфрамового электрода, разработанная Американским обществом сварки (AWS) и широко используемая в сварочной промышленности в Северной Америке и других регионах.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Стандартное содержание

Классификация: Аналогично ISO 6848, ториевые вольфрамовые электроды делятся на WT10, WT20, WT30 и WT40, а цветовая маркировка одинакова.

Химический состав: Указанное содержание оксида тория (0,8-4,2%) и пределы примесей (например, O<0,02%, Fe <0,01%). Чистота вольфрамового порошка должна быть $\geq 99,95\%$.

Физические свойства: Электрод должен соответствовать удельной проводимости ($>30\%$ IACS) и твердости (350-450 HV). Скорость угара должна составлять $< 0,08$ мм/ч при 200 А. Размеры и допуски: диаметр 0,5-6,4 мм, допуск $\pm 0,03$ мм; Длина 75-300 мм с допуском $\pm 1,5$ мм.

Методы испытаний: включая химический анализ (ICP-OES), испытание на стабильность дуги (выполняется под защитой аргона) и контроль качества поверхности (микроскопическое наблюдение).

Предупреждение о радиоактивности: Стандарт четко требует, чтобы радиоактивный риск оксида тория был указан на упаковке и в инструкции, а также рекомендовано специальное оборудование для измельчения и защитные меры.

Сфера применения

AWS A5.12 подходит для сварки TIG, плазменной сварки и дуговой резки, особенно в аэрокосмической, автомобильной и нефтехимической промышленности. Этот стандарт широко используется производителями и пользователями сварочного оборудования в США и Канаде.

Особенности и значение

Подробности: Стандарт содержит подробные методы испытаний и эксплуатационные показатели, такие как пусковое напряжение дуги (<15 В) и скорость выгорания, подходящие для промышленного применения.

Безопасность: Акцент на радиологическую защиту, использование закрытых измельчителей и высокоэффективных фильтров рекомендуется для снижения воздействия ториевой пыли.

Совместимость: Высокая совместимость со стандартом ISO 6848 для легкой координации на международных рынках.

Требования к реализации

Производители должны быть сертифицированы AWS, а испытательное оборудование должно соответствовать стандартам ASTM (например, ASTM E1476). Пользователям необходимо регулярно калибровать сварочное оборудование, чтобы обеспечить соответствие характеристик электрода техническим характеристикам.

7.1.3 EN 26848 (Европейский стандарт для вольфрамовых электродов)

EN 26848:1991 «Сварка — вольфрамовые электроды для дуговой сварки в среде инертного газа и для плазменной сварки» — стандарт вольфрамовых электродов, разработанный Европейским комитетом по стандартизации (CEN) для сварочной промышленности в странах ЕС.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Стандартное содержание

Классификация: В соответствии с ISO 6848, ториевые вольфрамовые электроды делятся на WT10, WT20, WT30 и WT40, и цветовая маркировка одинакова.

Химический состав: Требования к содержанию оксида тория соответствуют стандарту ISO 6848, а предельные значения примесей более строгие (например, C<0,005%, S<0,002%).

Размеры: диаметр 0,5-10 мм, допуск $\pm 0,04$ мм; Длина 50-300 мм, допуск ± 1 мм.

Требования к эксплуатационным характеристикам: Электрод должен пройти испытание на стабильность дуги (100-400 А) и испытание на скорость горения (<0,1 мм/ч). Шероховатость поверхности составляет $Ra \leq 0,3$ мкм.

Радиологический менеджмент: Требуется соблюдения Директивы ЕС по радиационной защите (2013/59/Евратом) при производстве и использовании, включая контроль пыли и утилизацию отходов.

Сфера применения

EN 26848 применяется к сварке TIG и плазменной сварке в странах ЕС, особенно в аэрокосмической, атомной промышленности и судостроении. В связи со строгим регулированием радиоактивных материалов в Европейском Союзе, этот стандарт способствует применению нерадиоактивных электродов, таких как лантановый вольфрам и цериевый вольфрам.

Особенности и значение

Охрана окружающей среды: Акцент на радиоактивную защиту и обращение с отходами в соответствии с экологическими нормами ЕС.

Региональный: В первую очередь обслуживая европейский рынок, он совместим с ISO 6848 и AWS A5.12, но с большим акцентом на защиту окружающей среды и безопасность.

Ограничения: Версия 1991 года старше и не в полной мере отражает тенденцию нерадиоактивных электродов.

Требования к реализации

Компании ЕС обязаны проходить сертификацию CE, а производственные цеха должны быть оснащены оборудованием для радиационного контроля и установками по переработке отходов. Пользователи обязаны соблюдать местные правила радиационной защиты и регулярно проверять уровень радиации рабочей среды.

7.2 Отечественные стандарты на ториевые вольфрамовые электроды

Являясь крупнейшим в мире ресурсом вольфрама и производителем ториевых вольфрамовых электродов, Китай сформулировал ряд национальных стандартов, охватывающих управление производительностью, качеством и радиоактивной безопасностью электродов. К таким стандартам относятся GB/T 4187-2017, GB 18871-2002 и Мероприятия по радиационному мониторингу окружающей среды и раскрытию информации о предприятиях по разработке и утилизации попутных радиоактивных рудников (для опытного внедрения).

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

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 (ThO₂). 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

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

7.2.1 GB/T 4187-2017 (Национальный стандарт для вольфрамовых электродов)

GB/T 4187-2017 «Вольфрамовые электроды для дуговой сварки вольфрама в среде инертного газа и плазменной сварки» — это китайский национальный стандарт, который определяет классификацию, производительность и методы испытаний вольфрамовых электродов и подходит для сварки TIG и плазменной сварки.

Стандартное содержание

Классификация: Ториевые вольфрамовые электроды делятся на WT10, WT20, WT30 и WT40, которые соответствуют международным стандартам и имеют одинаковую цветовую маркировку.

Химический состав: требования к содержанию оксида тория: WT10 (0,8-1,2%), WT20 (1,7-2,2%), WT30 (2,8-3,2%), WT40 (3,8-4,2%). Чистота вольфрама $\geq 99,95\%$, пределы примесей (например, Fe $<0,01\%$, O $<0,015\%$).

Размеры: диаметр 0,5-10 мм, допуск $\pm 0,05$ мм; Длина 50-300 мм, допуск ± 1 мм.

Требования к производительности: Электрод должен соответствовать требованиям по пусковому напряжению дуги (<15 В), стабильности дуги (отсутствие дрейфа при 100-400 А) и скорости выгорания ($<0,1$ мм/ч).

Методы контроля: включая химический анализ (ICP-OES), измерение размеров (лазерный штангенциркуль), контроль качества поверхности (микроскоп) и испытание на характеристики дуги.

Идентификация и упаковка: Электродная часть должна быть окрашена, а на упаковку должна быть нанесена маркировка с моделью, спецификацией, партией и предупреждением о радиоактивности.

Сфера применения

GB/T 4187-2017 является базовым стандартом для сварочной промышленности Китая, который широко используется в аэрокосмической, нефтехимической, атомной промышленности и судостроении. Стандарт поддерживает экспортный электрод для удовлетворения требований международного рынка.

Особенности и значение

Локализация: В сочетании с преимуществами вольфрамовых ресурсов Китая требования к производственному процессу оптимизируются, а затраты снижаются.

Совместимость: Высокая совместимость с ISO 6848 и AWS A5.12 для упрощения международной торговли.

Безопасность: Акцент на радиоактивную защиту, требующий от производственных предприятий оснащения пылеулавливающими и утилизационными сооружениями.

Требования к реализации

Производителю необходимо пройти национальную сертификацию качества (например, CNAS), а испытательное оборудование должно соответствовать требованиям точности, указанным в стандарте. Пользователю необходимо регулярно калибровать сварочное оборудование, чтобы обеспечить производительность электродов.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

7.2.2 GB 18871-2002 (Базовый стандарт защиты от ионизирующего излучения и безопасности источников ионизирующего излучения)

GB 18871-2002 «Базовый стандарт защиты от ионизирующего излучения и безопасности источников ионизирующего излучения» является национальным стандартом защиты от ионизирующего излучения в Китае, который применим к производству и использованию радиоактивных материалов, включая торий-вольфрамовые электроды.

Стандартное содержание

Принципы радиационной защиты: оптимальная защита, ограничение дозы и обоснование. Годовая эффективная доза должна составлять < 1 мЗв (общее) и < 20 мЗв (профессиональное облучение).

Радиационный контроль: производственный цех должен быть оснащен детектором мощности дозы излучения X-γ (диапазон измерений 0,01-100 мкЗв/ч) и детектором поверхностного загрязнения α и β (диапазон измерений 0,1-1000 Бк/см²).

Обращение с отходами: Радиоактивные отходы (пыль, сточные воды, отработанные электроды) необходимо собирать, затвердевать и хранить в специальном помещении с активной концентрацией < 1 Бк/г.

Меры защиты: Операторы должны носить защитную одежду и респираторы от пыли, а рабочая зона должна быть оборудована системами вентиляции и удаления пыли.

Сфера применения

Стандарт распространяется на производство, хранение и использование ториевых вольфрамовых электродов, особенно при смешивании, измельчении и утилизации отходов. Предприятия обязаны на регулярной основе отчитываться перед органами охраны окружающей среды по данным радиационного контроля.

Особенности и значение

Комплексный: охватывает все аспекты радиационной защиты для обеспечения безопасности операторов и окружающей среды.

Обязательно: В качестве национального обязательного стандарта предприятия должны ему соответствовать, иначе им грозят штрафные санкции.

Руководство: Предоставляет четкие указания по захоронению радиоактивных отходов и конфигурации защитного оборудования.

Требования к реализации

Предприятиям необходимо создать систему управления радиационной безопасностью, а также назначить специалистов, ответственных за мониторинг и учет. Отдел охраны окружающей среды проводит регулярные проверки, чтобы убедиться в соблюдении требований стандарта.

7.2.3 Мероприятия по радиационному контролю окружающей среды и раскрытию информации о предприятиях по разработке и утилизации попутных радиоактивных полезных ископаемых (для опытного внедрения)

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Меры по радиационному мониторингу окружающей среды и раскрытию информации предприятий по разработке и утилизации попутных радиоактивных минералов (для опытного внедрения) (далее – «Меры») – это регламент, сформулированный Министерством охраны окружающей среды Китайской Народной Республики для обращения с попутными радиоактивными материалами, включая производство ториевых вольфрамовых электродов.

Стандартное содержание

Требования к мониторингу: Предприятиям необходимо контролировать мощность дозы X-γ (<0,1 мкЗв/ч) и α и β загрязнение поверхности (<0,4 Бк/см²) в производственной среде. Активность сточных вод должна составлять <0,1 Бк/л.

Раскрытие информации: Предприятия обязаны ежегодно представлять отчеты о радиационном контроле в департамент охраны окружающей среды, а также раскрывать данные об обработке отходов и выбросах.

Захоронение отходов: Радиоактивные отходы должны быть отверждены (например, цемент) или захоронены глубоко для предотвращения загрязнения окружающей среды.

Защитные сооружения: Производственный цех должен быть оборудован герметичным колпаком, фильтром HEPA и специальным хранилищем отходов.

Сфера применения

Меры распространяются на всю промышленную деятельность с использованием тория-232 в Китае, включая производителей торий-вольфрамовых электродов. Особенно в процессе очистки пыли и сточных вод предъявляются строгие требования.

Особенности и значение

Ориентация на охрану окружающей среды: Содействие внедрению предприятиями экологически чистых производственных технологий и снижению радиоактивного загрязнения.

Прозрачность: Требуйте раскрытия информации и усиливайте общественный контроль.

Региональные: В сочетании с особенностями ресурсов вольфрама и производства электродов в Китае были усовершенствованы защитные меры.

Требования к реализации

Предприятиям необходимо наладить систему радиационного мониторинга окружающей среды, оснащенную профессиональным испытательным оборудованием (например, АТ1123, ХН-3206), и принять ежегодную инспекцию отдела охраны окружающей среды. Предприятиям, не соблюдающим требования, необходимо исправить ситуацию или остановить производство.

7.3 Нормы радиоактивной безопасности ториевых вольфрамовых электродов

Стандарт безопасности радиоактивности для ториевых вольфрамовых электродов в основном относится к торию-232 (Th-232) в оксиде тория и охватывает освобождение от концентраций активности, защитные требования при производстве и использовании, а также обращение с отходами.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

7.3.1 Концентрация тория-232 с исключенной активностью (1 Бк/г)

Торий-232 является основным радионуклидом в торированном вольфрамовом электроде с периодом полураспада около 14 миллиардов лет, выделяя α частиц (4,01-4,08 МэВ), а также небольшое количество β и γ лучей. Международные и национальные стандарты определяют концентрации тория-232, на которые распространяется исключенная активность.

Стандартное содержание

Международный стандарт (МКРЗ 103):

Концентрация тория-232 в исключенной активности составляет 1 Бк/г, ниже которого не требуется специального надзора.

Концентрации активности WT10 (0,8-1,2% ThO₂), близкие к 1 Бк/г, как правило, не принимаются; WT40 (3,8-4,2% ThO₂) может быть немного выше стандарта исключения и нуждается в строгом контроле.

Китайский стандарт (GB 18871-2002):

Концентрация освобожденных видов деятельности соответствовала МКРЗ, 1 Бк/г.

Концентрации отходов в <1 Бк/г могут рассматриваться как обычные отходы, в противном случае они должны рассматриваться как радиоактивные отходы.

Метод детектирования: Концентрацию активности измеряли с помощью спектрометра γ германия высокой чистоты или жидкостного сцинтилляционного счетчика с точностью до $\pm 5\%$.

значение

Исключение из настройки концентрации активности снижает нормативные затраты на электроды с низким содержанием радиоактивных веществ (например, WT10), но требует более строгих мер защиты и утилизации отходов для электродов с высоким содержанием оксида тория (например, WT40).

Требования к реализации

Производителям необходимо регулярно проверять концентрацию активности электродов и отходов, фиксировать данные и архивировать их. Частота тестирования составляет 5-10% отбора проб на партию, а некавалифицированные партии необходимо перерабатывать повторно.

7.3.2 Требования к защите при производстве и использовании

Производство и использование ториевых вольфрамовых электродов включает в себя смешивание, спекание, шлифовку и сварку, в результате чего может образовываться радиоактивная пыль или выхлопные газы, поэтому необходимо принимать строгие меры защиты.

Защитные меры

Производственные звенья:

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Защита оборудования: Смесители, печи для спекания и измельчительное оборудование должны быть оснащены закрытыми колпаками и фильтрами HEPA, а эффективность улавливания составляет $> 99,9\%$.

Средства индивидуальной защиты: операторы обязаны носить защитную одежду, респираторы и перчатки, а также регулярно контролировать дозу облучения (эффективная доза < 1 мЗв в год).

Мониторинг окружающей среды: В цехе необходимо установить детектор мощности дозы излучения X-γ и детектор α и β загрязнения поверхности для контроля уровня радиации в режиме реального времени.

Дюны:

Защита от шлифования: Используйте специальную кофемолку, оснащенную системой всасывания пыли под отрицательным давлением, чтобы предотвратить вдыхание ториевой пыли.

Система вентиляции: Сварочная станция должна быть оборудована местным вытяжным колпаком со скоростью ветра 0,5-1 м/с, а отходящие газы обрабатываются через фильтры с активированным углем и HEPA.

Технические характеристики: Сварщики проходят обучение по радиационной безопасности и регулярно проверяются на загрязнение поверхности электродов.

Стандартная основа

Международный: Публикация 103 МКРЗ и Директива ЕС 2013/59/Евратом требуют производства и использования дозы окружающего излучения $< 0,1$ мкЗв/ч и поверхностного загрязнения $< 0,4$ Бк/см².

Отечественный: GB 18871-2002 имеет те же требования, что и «Меры», активность сточных вод составляет $< 0,1$ Бк/л, а выбросы выхлопных газов должны соответствовать стандартам охраны окружающей среды.

Требования к реализации

Предприятиям необходимо разработать систему управления радиационной безопасностью, а также назначить специалистов, ответственных за мониторинг и учет. Средства защиты должны регулярно калиброваться, а утилизация отходов должна соответствовать требованиям Мер.



CTIA GROUP LTD ЭЛЕКТРОД WT30

Глава 8 Методы обнаружения ториевого вольфрамового электрода

Характеристики ториевых вольфрамовых электродов напрямую влияют на их производительность в промышленных приложениях, таких как аргодуговая сварка вольфрама (сварка TIG) и плазменная сварка, поэтому определение его химического состава, физических свойств, уровня радиоактивности и сварочных характеристик имеет решающее значение. Метод обнаружения должен гарантировать, что электрод соответствует международным и национальным стандартам (например, ISO 6848:2015, GB/T 4187-2017), а также учитывать риск следовой радиоактивности, создаваемый оксидом тория (ThO_2). В этой главе будут подробно рассмотрены испытания химического состава, физические свойства, радиоактивные испытания, сварочные характеристики, а также испытательное оборудование и требования к калибровке ториевых вольфрамовых электродов.

8.1 Определение химического состава ториевых вольфрамовых электродов

Испытание химического состава используется для проверки соответствия содержания оксида тория и примесных элементов в ториевых вольфрамовых электродах, чтобы убедиться в том, что их эксплуатационные характеристики соответствуют требованиям стандарта (например, WT20 имеет содержание оксида тория 1,7-2,2%).

8.1.1 Анализ содержания оксида тория

Оксид тория (ThO_2) является ключевым допаном ториевых вольфрамовых электродов, и его содержание напрямую влияет на работу электронного выделения и стабильность дуги. Точное определение содержания оксида тория лежит в основе контроля качества.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Метод обнаружения

Рентгенофлуоресцентная спектроскопия (РФА):

Принцип: Рентгеновские лучи используются для возбуждения атомов образцов, анализа характерного флуоресцентного спектра их излучения и определения содержания оксида тория.

Устройство: Портативный или настольный РФ-анализатор.

Стремянка:

Отбор проб: 5-10 электродов выбирались случайным образом из партии электродов и нарезались на тонкие отрезки (толщиной 1-2 мм).

Обработка поверхности: Промойте образец этанолом для удаления масла и оксидов.

Обнаружение: образец помещается в рентгенофлуоресцентный прибор, устанавливается время анализа (30-60 секунд) и записывается сигнал тория (Th).

Количественный анализ: Содержание оксида тория было рассчитано по калибровочной кривой с точностью до $\pm 0,01\%$.

Преимущества: неразрушающий, быстрый, подходит для партийного контроля.

Ограничения: Точность анализа легких элементов (таких как O) низкая, и ее необходимо проверять в сочетании с другими методами.

Опико-эмиссионная спектроскопия с индуктивно связанной плазмой (ИСП-ОЭС):

Принцип: Образец растворяют и возбуждают плазмой, а спектр излучения анализируют для определения содержания тория.

Устройство: прибор ICP-OES.

Стремянка:

Подготовка образца: Образец электрода растворяют в растворе смеси азотной кислоты и плавиковой кислоты (1:1) и нагревают до полного растворения.

Разбавление: Разбавить деионизированной водой до соответствующей концентрации (1-10 ppm).

Обнаружение: Раствор вводят в ICP-OES и определяют характерные спектральные линии тория (например, 401,91 нм).

Количественный: Калибровка стандартным раствором использовалась для расчета содержания оксида тория с точностью $\pm 0,005\%$.

Преимущества: Высокая точность, подходит для микроанализа.

Ограничения: Разрушающая способность образца, сложная эксплуатация и высокая стоимость.

Нейтронно-активационный анализ (НАА):

Принцип: облучать образец нейтронами, активировать торий-232 для генерации радиоизотопов и измерять γ лучей для определения содержания.

Оборудование: ядерный реактор и γ спектрометр.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Стремянка:

Подготовка образца: Образец разрезанного электрода (масса 0,1-1 г).

Облучение: 1-2 часа в реакторе с потоком нейтронов 10^{13} н/см²с.

Измерения: Характеристические γ лучи (например, 311,9 кэВ) тория-232 были проанализированы с помощью γ спектрометра после охлаждения.

Количественные: Откалиброваны по стандартным образцам с точностью до $\pm 0,01\%$.

Преимущества: Чрезвычайно высокая точность, подходит для анализа следов.

Ограничения: Оборудование дорогое, требует поддержки ядерных объектов и используется только для научных исследований или высокотехнологичных испытаний.

Стандартные требования:

Согласно ISO 6848:2015 и GB/T 4187-2017, содержание оксида тория должно контролироваться в указанном диапазоне (например, 1,7-2,2% для WT20) с отклонением $\pm 0,1\%$.

Частота обнаружения: 5-10% отбора проб на партию, не менее 3 электродов.

Профилактика

Образцы должны быть однородно репрезентативными для партии, чтобы избежать сегрегации, влияющей на результаты.

Испытательное оборудование необходимо регулярно калибровать для обеспечения точности с использованием стандартных образцов, таких как NIST SRM 610.

Испытательная среда должна быть пыленепроницаемой, а оператор должен носить защитное снаряжение для предотвращения вдыхания радиоактивной пыли.

8.1.2 Определение содержания примесей

Примеси (такие как Fe, Ni, O, C) влияют на проводимость, механические свойства и стабильность сварки ториевых вольфрамовых электродов, и их содержание необходимо строго контролировать.

Метод обнаружения

Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС):

Принцип: Образец растворяется и ионизируется плазмой, а ионная масс-спектрометрия анализируется для определения содержания примесных элементов.

Устройство: прибор ICP-MS.

Стремянка:

Подготовка образца: То же, что и ICP-OES, растворенный в смешанном растворе азотной кислоты и фтористоводородной кислоты.

Разбавление: Разбавьте до 0,1-1 ppm и добавьте внутренний стандарт (например, индий).

Детектирование: определение характеристических ионов Fe, Ni, O, C и других элементов (таких как Fe⁵⁶, Ni⁶⁰).

Количественный: Откалиброван с помощью многоэлементного стандартного раствора с

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

пределом обнаружения <0,001%.

Преимущества: Высокая чувствительность, одновременный анализ нескольких элементов.

Ограничения: Проба разрушительна и дорогостояща.

Масс-спектрометрия тлеющего разряда (GD-MS):

Принцип: Ионная масс-спектрометрия анализируется путем распыления поверхности образца тлеющим разрядом.

Устройство: прибор ГД-МС.

Стремянка:

Подготовка образца: Разрежьте электрод и отполируйте до Ra<0,4 мкм.

Обнаружение: Поместите образец в камеру тлеющего разряда и установите напряжение разряда (800-1000 В).

Анализ: Определение интенсивности сигнала примесных элементов и их количественный анализ.

Преимущества: Полуразрушающий, подходит для анализа поверхности.

Ограничения: Дорогое оборудование и ограниченная глубина анализа.

Анализаторы кислорода и азота:

Принцип: Содержание выделяемого кислорода и азота измеряется путем плавления образца при высоких температурах.

Оборудование: Анализатор кислорода и азота.

Стремянка:

Подготовка образца: Разрежьте электрод на небольшие кусочки (0,1-0,5 г).

Обнаружение: При нагревании до 2500°C в атмосфере гелия выделяется выделяющийся газ.

Количественный: Откалиброван стандартным газом, точность $\pm 0,002\%$.

Преимущества: Предназначен для анализа кислорода и азота, прост в эксплуатации.

Ограничения: Ограничен газообразными элементами.

Стандартные требования:

Согласно GB/T 4187-2017, допустимые концентрации примесей составляют: Fe<0,01%, Ni<0,005%, O<0,015%, C<0,005%.

Периодичность тестирования: 5% отбора проб на партию, с акцентом на обнаружение ключевых примесей.

Профилактика

Образцы должны быть очищены во избежание загрязнения поверхности.

Испытательное оборудование необходимо регулярно калибровать и использовать стандартные образцы вольфрама высокой чистоты.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Протоколы испытаний должны быть архивированы для обеспечения прослеживаемости качества.

8.2 Испытание физических свойств ториевых вольфрамовых электродов

Испытания физических свойств используются для оценки плотности, твердости и зернистой структуры ториевых вольфрамовых электродов, чтобы убедиться, что их механические свойства и сварочные свойства соответствуют требованиям.

8.2.1 Определение плотности и твердости

Испытание на плотность

Цель: Проверить плотность электрода и убедиться в качестве спекания (теоретическая плотность 19,25 г/см³).

Метод: метод Архимеда

Оборудование: Прецизионные электронные весы (точность ± 0,001 г) и плотномер.

Стремянка:

Взвешивание: Измерение сухого веса электрода (m_1).

Погружение: электрод погружают в деионизированную воду и измеряют сырой вес (m_2) и взвешенный вес (m_3).

Расчет: Плотность $\rho = m_1 / (m_1 - m_3) \times \rho_0$ (ρ_0 — плотность воды, 1 г/см³).

Требования стандарта: плотность 18,5-19,0 г/см³ (теоретическая плотность 95-98%).

Плюсы: Просто, точно.

Ограничения: Подходит только для образцов правильной формы.

Испытание на твердость

Назначение: Для оценки механической прочности электрода и предотвращения разрушения во время сварки.

Метод: Тест на твердость по Виккерсу

Устройство: твердомер по Виккерсу.

Стремянка:

Подготовка образца: Разрежьте электрод и отполируйте до Ra<0,2 мкм.

Тест: Приложите нагрузку в 5-10 кгс, подержите 15 секунд, измерьте длину диагонали отступа.

Расчет: Твердость (HV) рассчитывается на основе площади вдавливания.

Стандартные требования: твердость 350-450 HV.

Преимущества: высокая точность, подходит для твердых материалов.

Ограничения: Образец должен быть уничтожен, а контрольные точки должны быть равномерно распределены.

Профилактика

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Деионизированная вода используется для определения плотности, чтобы пузырьки воздуха не влияли на результаты.

Испытание на твердость включает в себя выбор нескольких контрольных точек, среднее значение которых представляет твердость образца.

Периодичность испытаний: 3-5 образцов в партии, тестируется не менее 3 локаций.

8.2.2 Анализ структуры зерна

Структура зерна влияет на механические свойства и стабильность дуги электрода и требует анализа с помощью микроскопии и рентгеновских методов.

Метод обнаружения

Металлографический микроскоп:

Принцип: Наблюдать за морфологией зерен и распределением оксида тория в сечении электрода с помощью оптического микроскопа.

Прибор: Металлургический микроскоп.

Стремянка:

Подготовка образцов: резка электродов, полировка и коррозия кислотами (например, азотно-фтористоводородной кислотой).

Наблюдение: 100-1000-кратное увеличение для анализа размера зерен и распределения частиц оксида тория.

Измерение: Рассчитайте размер зерна (10-50 мкм) с помощью программного обеспечения для анализа изображений, такого как ImageJ.

Плюсы: Интуитивно понятен и подходит для быстрого анализа.

Ограничения: Образцы должны быть уничтожены, а глубина анализа ограничена.

Сканирующая электронная микроскопия (SEM-EDS):

Принцип: Образец сканируется электронным пучком, а распределение частиц оксида тория анализируется с помощью энергетической спектроскопии.

Устройство: прибор SEM-EDS.

Стремянка:

Подготовка образцов: резка, полировка и нанесение покрытия углеродных или золотых проводящих слоев.

Сканирование: Установите ускоряющее напряжение (15-20 кВ) и наблюдайте за зернами и частицами оксида тория (0,5-2 мкм).

Анализ: Количественный анализ распределения тория с помощью СЭД.

Преимущества: Высокое разрешение, анализ микроструктуры.

Ограничения: Оборудование дорогое, а эксплуатация сложная.

Рентгеновская дифракция (XRD):

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Принцип: Анализ кристаллической структуры и ориентации зерен образца.

Устройство: дифрактометр (например, Bruker D8 Advance).

Стремянка:

Подготовка образца: Разрежьте электрод и отполируйте его до плоской поверхности.

Обнаружение: установлен луч $\text{Cu K}\alpha$, а угол сканирования составляет 2θ (20° - 80°).

Анализ: Определение фаз вольфрама и оксида тория по положению пика и интенсивности, расчет размера зерен (формула Шеррера).

Преимущества: Неразрушающая, кристаллическая структура может быть проанализирована.

Ограничения: Низкая точность при анализе мелких зерен.

Стандартные требования:

Размер зерна: 10-50 мкм, частицы оксида тория равномерно распределены без агломерации.

Частота обнаружения: анализируются 3 образца в партии, поперечное сечение и продольное сечение.

Профилактика

При подготовке образцов необходимо избегать внесения искусственных дефектов.

Для обеспечения согласованности данных анализ СЭМ и дифрактометра необходимо сочетать с результатами металлургической микроскопии.

Операторы обязаны носить защитное снаряжение для предотвращения воздействия радиоактивной пыли.

8.3 Обнаружение радиоактивности ториевых вольфрамовых электродов

Поскольку оксид тория содержит торий-232 (период полураспада 14 миллиардов лет, испускающий α , β и γ лучей), уровень радиоактивности электрода и производственной среды должен быть тщательно протестирован на соответствие международным и национальным стандартам (например, ICRP Publication 103, GB 18871-2002).

8.3.1 Определение мощности дозы излучения X- γ (прибор AT1123)

объективный

Мощность дозы рентгеновского и γ -излучения измеряется на поверхности электрода и в производственной среде, чтобы убедиться, что уровень излучения ниже безопасного предела ($<0,1$ мкЗв/ч).

Метод обнаружения

Устройство: Детектор мощности дозы излучения AT1123 X- γ

Ключевые параметры:

Диапазон измерения: 0,01-100 мкЗв/ч

Точность: $\pm 5\%$

Детектор: сцинтилляционный кристалл NaI

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Стремянка:

Калибровка: Откалибруйте прибор с помощью стандартного источника Cs-137.

Обнаружение: поместите зонд на поверхность электрода (на расстоянии 1 см) или в рабочую зону (например, в зоне смешивания, шлифования) и запишите мощность дозы.

Обработка данных: Возьмите среднее значение нескольких измерений, запишите время и местоположение.

Стандартные требования: мощность поверхностной дозы электрода $< 0,1$ мкЗв/ч, мощность дозы в окружающей среде $< 0,05$ мкЗв/ч (GB 18871-2002).

Преимущества: портативный, работает в режиме реального времени, подходит для мониторинга на месте.

Ограничения: Нечувствителен к α частицам, требует комбинации других методов.

Профилактика

Периодичность тестирования: 5-10 штук в партии, экологический мониторинг один раз в сутки.

Электромагнитные помехи исключены для обеспечения чувствительности прибора.

Оператор носит персональный дозиметр для фиксации суммарной дозы.

8.3.2 а. Обнаружение поверхностного загрязнения β (прибор ХН-3206)

объективный

Обнаруживайте загрязнения α , β частицами на поверхностях электродов и оборудовании, чтобы убедиться, что они ниже безопасного предела ($< 0,4$ Бк/см²).

Метод обнаружения

Оборудование: ХН-3206 α , β детектор поверхностного загрязнения

Ключевые параметры:

Диапазон измерения: 0,1-1000 Бк/см²

Эффективность обнаружения: $A > 30\%$, $B > 40\%$

Детектор: ZnS сцинтиллятор

Стремянка:

Калибровка: Калибровка с использованием стандартных источников Am-241 (α) и Sr-90 (β).

Обнаружение: Поместите зонд близко к поверхности электрода или поверхности устройства (на расстоянии < 2 мм), медленно сканируйте и записывайте скорость счета.

Расчет: Преобразуйте уровень загрязнения поверхности (Бк/см²) на основе эффективности обнаружения.

Требования стандарта: загрязнение поверхности $< 0,4$ Бк/см² (GB 18871-2002).

Преимущества: Высокая чувствительность, подходит для обнаружения следовых загрязнений.

Ограничения: Нечувствителен к γ -лучам, в сочетании с рентгеновским γ обнаружением.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Профилактика

Периодичность обнаружения: 3-5 штук в партии, а поверхность оборудования осматривается еженедельно.

Поверхность образца должна быть очищена от попадания масла или пыли.

Зона тестирования должна быть изолирована для предотвращения перекрестного загрязнения.

8.3.3 Радиационный контроль окружающей среды

объективный

Контролируйте уровень радиации в производственном цехе для обеспечения безопасности операторов и окружающей среды.

Метод обнаружения

Стационарный мониторинг:

Оборудование: Станция радиационного контроля окружающей среды.

Эксплуатация: Стационарные зонды устанавливаются в зонах смешивания, спекания, измельчения и хранения для регистрации мощности дозы X-γ в режиме реального времени.

Стандартные требования: мощность дозы < окружающей среды 0,05 мкЗв/ч.

Портативный мониторинг:

Устройство: АТ1123 или аналогичный.

Эксплуатация: Осматривайте все помещения цеха и ежедневно записывайте мощность дозы и уровень загрязнения.

Мониторинг отходов:

Устройство: γ спектрометр.

Эксплуатация: Определяет активную концентрацию отходов (пыль, сточные воды, отработанные электроды), <1 Бк/г можно обрабатывать как обычные отходы.

Профилактика

Данные мониторинга должны архивироваться и регулярно передаваться в отдел охраны окружающей среды.

Цех должен быть оборудован системами вентиляции и пылеудаления для снижения концентрации пыли.

Периодичность мониторинга: стационарный мониторинг в режиме реального времени, портативный мониторинг один раз в день, мониторинг отходов один раз за партию.

8.4 Испытание сварочных характеристик ториевого вольфрамового электрода

В ходе испытаний на эффективность сварки оцениваются характеристики завязывания дуги, стабильность дуги и скорость выгорания ториевых вольфрамовых электродов, чтобы обеспечить их производительность при сварке TIG и плазменной сварке.

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 (ThO₂). 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

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

8.4.1 Тест на производительность дуги

объективный

Оцените способность электрода завязывать дугу при низких напряжениях, чтобы обеспечить быстрое зажигание дуги.

Метод обнаружения

Оборудование: сварочный аппарат TIG, регистратор напряжения.

Стремянка:

Подготовка: Выберите электрод WT20 (диаметр 2,4 мм, угол шлифования 20°) и используйте аргоновую защиту (10 л/мин).

Тест: В режиме DCEN установите ток на 50-150 А и запишите напряжение и время дугового разряда.

Анализ: Начальное напряжение < 15 В, а время запуска < 0,5 секунды является квалифицированным.

Требования стандарта: ISO 6848:2015 требует напряжения дуги < 15 В и стабильной дуги без задержек.

Преимущества: Моделирование реальных условий сварки с надежными результатами.

Ограничения: необходимо контролировать консистенцию защитного газа и состояния электродов.

Профилактика

Периодичность теста: 3 образца в партии, повторить тест 5 раз.

Наконечник электрода необходимо отполировать, чтобы дефекты поверхности не повлияли на результат.

Записывайте условия окружающей среды (например, температуру, влажность), чтобы избежать помех.

8.4.2 Испытание на стабильность дуги и скорость горения

объективный

Оцените стабильность дуги и долговечность электрода при сварке.

Метод обнаружения

Стабильность дуги:

Оборудование: сварочный аппарат TIG, осциллограф, высокоскоростная камера.

Стремянка:

Настройка: электрод WT20 (диаметр 3,2 мм, угол шлифовки 30°), ток 100-300 А, аргоновая защита.

Сварка: непрерывная сварка выполняется на пластине из нержавеющей стали для регистрации колебаний напряжения дуги (<±2 В).

Наблюдение: Используйте высокоскоростную камеру, чтобы записать форму дуги и убедиться в отсутствии дрейфа или прерывания.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Стандартные требования: колебания дуги $\leq \pm 2$ В без значительного разбрызгивания и прерывания.

Скорость выгорания:

Оборудование: Прецизионные электронные весы, микроскоп.

Стремянка:

Взвешивание: Измерьте исходный вес электрода (точность $\pm 0,001$ г).

Сварка: непрерывная сварка при 200 А в течение 1 часа.

Измерение: Измерение потери длины электрода (микроскоп) и потери массы (баланс).

Расчет: Коэффициент потерь при горении = потеря длины/время (мм/ч), $< 0,1$ мм/ч является квалифицированным.

Стандартные требования: Скорость выгорания $< 0,1$ мм/ч (ISO 6848:2015).

Профилактика

Условия испытания должны соответствовать фактической сварке (например, ток, расход газа).

Периодичность теста: 3 образца в партии, повторить тест 3 раза.

Электроды необходимо периодически затачивать, чтобы убедиться, что наконечник находится в постоянном состоянии.

8.5 Испытательное оборудование и калибровка ториевого вольфрамового электрода

Точность и эксплуатационные характеристики испытательного оборудования напрямую влияют на достоверность результатов испытаний и требуют строгой калибровки и управления.

8.5.1 Требования к калибровке испытательных приборов

Метод калибровки

РФ/ICP-OES/ICP-MS:

Калибровочный стандарт: Используйте стандартные образцы NIST (например, SRM 610) или вольфрамовые стандарты высокой чистоты.

Периодичность: калибровка каждые 6 месяцев или после технического обслуживания прибора.

Требования: точность $\pm 0,01\%$ (оксид тория), $\pm 0,001\%$ (примеси).

Измеритель плотности/твердости:

Калибровочный стандарт: используется стандартный блок плотности ($19,25$ г/см³) и блок твердости (400 HV).

Частота: Калибруется ежегодно.

Требования: точность по плотности $\pm 0,01$ г/см³, точность по твердости ± 5 HV.

Детектор излучения (АГ1123, ХН-3206):

Стандарты калибровки: Используйте стандартные источники Cs-137(c), Am-241(a), Sr-90(β).

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Периодичность: калибровка один раз в год или после ремонта прибора.

Требования: Точность мощности дозы составляет $\pm 5\%$, а эффективность обнаружения загрязнений $> 30\%$ (α) и $> 40\%$ (β).

Оборудование для испытаний сварочных работ:

Эталон калибровки: калибровка тока (± 2 А) и напряжения ($\pm 0,1$ В) сварочного аппарата.

Периодичность: калибровка каждые 3 месяца.

Требования: Убедитесь, что условия испытаний соответствуют стандарту.

Профилактика

Калибровка должна быть выполнена профессиональной организацией (например, аккредитованной лабораторией CNAS).

Записи о калибровке должны быть архивированы и содержать дату калибровки, стандартные образцы и результаты.

8.5.2 Условия тестирования и эксплуатационные характеристики

Обнаружение окружающей среды

Испытание химического состава: Его необходимо проводить в чистом помещении (класс ISO 7) при температуре 20-25°C и влажности $< 60\%$, чтобы избежать загрязнения пылью.

Тестирование физических характеристик: лаборатория должна быть ударопрочной, температура должна составлять 18-22 °C, а влажность – $< 50\%$.

Обнаружение радиоактивности: изолированная зона, оборудованная системой вентиляции и пылеудаления, мощность дозы окружающего воздуха $< 0,05$ мкЗв/ч.

Испытание производительности сварки: моделирование реальной сварочной среды, чистота аргона $> 99,999\%$, расход 8-15 л/мин.

Кодекс деловой этики

Операторы: Обучены работе с оборудованием и защитой от радиации.

Требования к защите: Носите защитную одежду, респираторы и перчатки, а также регулярно проверяйте индивидуальные дозы.

Регистрация данных: Результаты испытаний должны быть задокументированы не менее чем за 5 лет, включая партию, дату, номер образца и условия тестирования.

Утилизация отходов: Отходы (например, остатки проб), образующиеся в результате испытания, должны быть утилизированы в соответствии с Мероприятиями по радиационному контролю окружающей среды и раскрытию информации предприятий по разработке и утилизации попутных радиоактивных полезных ископаемых (Испытание).



CTIA GROUP LTD ЭЛЕКТРОД WT20

Глава 9 Преимущества и недостатки ториевого вольфрамового электрода

Благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам ториевые вольфрамовые электроды занимают важное место в аргодуговой сварке вольфрама (TIG), плазменной сварке и других промышленных применениях. Тем не менее, следовые уровни радиоактивности, вызванные оксидом тория (ThO_2), также вызывают беспокойство для окружающей среды и здоровья. В этой главе будут подробно рассмотрены преимущества ториевых вольфрамовых электродов, в том числе их превосходные сварочные свойства, высокотемпературная прочность и износостойкость, а также их недостатки, с акцентом на риск радиоактивного загрязнения и воздействия на окружающую среду и здоровье.

9.1 Преимущества ториевых вольфрамовых электродов

Ториевые вольфрамовые электроды обладают значительными преимуществами при сварке и других высокотемпературных работах благодаря низкому уровню ускорения электронов, высокой стабильности дуги и отличной устойчивости к высоким температурам, особенно в аэрокосмической, атомной и нефтехимической промышленности.

9.1.1 Отличные сварочные характеристики

Ториевые вольфрамовые электроды демонстрируют превосходные сварочные характеристики при аргодуговой сварке вольфрамовым электродом (TIG), плазменной сварке и сварке отрицательным электродом постоянного тока (DCEN), что делает его предпочтительным материалом для высокоточной и тяжелой сварки.

Низкое ускользание от работы электронов

Легирование оксидом тория (ThO_2) значительно снижает работу электронов от ториевого

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

вольфрамового электрода (около 2,63 эВ, что ниже 4,55 эВ чистого вольфрама), что позволяет ему быстро инициировать зажигание дуги при более низких напряжениях (<15 В). Это свойство особенно важно при сварке TIG и плазменной сварке, особенно при низких токах (50-150 А), что снижает тепловложение при запуске дуги, и подходит для сварки тонколистовых материалов, таких как нержавеющая сталь или титановые сплавы. Например, электрод WT20 (1,7-2,2% ThO₂) используется в аэрокосмической промышленности для сварки компонентов фюзеляжа из титанового сплава (Ti-6Al-4V) с временем начала дуги < 0,5 секунды для обеспечения качества и точности сварного шва.

Высокая стабильность дуги

Ториевые вольфрамовые электроды поддерживают концентрированную и стабильную дугу в широком диапазоне токов (50-500 А), уменьшая дрейф дуги и разбрызгивание, и подходят для сварки металлов с высокой температурой плавления (например, никелевых сплавов, титановых сплавов). Стабильность дуги обусловлена способностью частиц оксида тория высвобождать горячие электроны при высоких температурах, что позволяет дуге сохранять непрерывность в условиях динамической сварки. Например, в атомной промышленности электроды WT30 (2,8-3,2% ThO₂) используются для сварки сосудов высокого давления из нержавеющей стали с колебаниями напряжения дуги $\leq \pm 2$ В и сварных швов без пористости и трещин, отвечающих строгим требованиям качества.

Низкая скорость потерь при горении

Чрезвычайно низкая скорость выгорания ториевого вольфрамового электрода (< 0,1 мм/ч при токе 200 А) продлевает срок службы и снижает частоту замены и производственные затраты. Термическая стабильность оксида тория и высокая температура плавления вольфрамовой матрицы (3422°C) позволяют ему работать при высоких токах (200-400 А) в течение длительных периодов времени без значительного износа. Например, в нефтехимической промышленности электрод WT40 (3,8-4,2% ThO₂) используется для сварки толстостенных труб и может работать непрерывно в течение нескольких часов с незначительным изменением формы наконечника электрода.

Сценарии применения

Аэрокосмическая промышленность: электроды WT20 и WT30 обеспечивают стабильную дуговую и высокоточную сварку при сварке титана и никеля TIG сплавов на основе титана и никеля в соответствии с высокими требованиями к прочности авиационных двигателей и компонентов ракет.

Атомная промышленность: электроды WT30 и WT40 свариваются из нержавеющей стали и никелевых сплавов под действием высоких токов для обеспечения бездефектных сварных швов и коррозионной стойкости, подходят для корпусов реакторов.

Автомобилестроение: электроды WT10 свариваются с тонкостенными стальными пластинами или алюминиевыми сплавами при низких токах для снижения тепловых искажений и подходят для автомобильных подвесных и выхлопных систем.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

9.1.2 Высокая термостойкость и износостойкость

Превосходные эксплуатационные характеристики ториевых вольфрамовых электродов при высоких температурах и высоких нагрузках делают их идеальными не только для сварки, но и для вакуумной электроники и дуговой резки.

Высокая интенсивность температуры

Высокая температура плавления (3422 °C) и термическая стабильность оксида тория позволяют ему сохранять структурную целостность при экстремальных температурах, таких как 15 000-20 000 °C при плазменной сварке. Частицы оксида тория удерживали границы зерен, чтобы подавить рост зерен вольфрамовой матрицы и сохранить размер зерна в диапазоне 10-50 мкм, тем самым повышая термическую усталостную стойкость и механическую прочность электрода. Например, при плазменной резке электрод WT30 режет толстые стальные пластины с током 300 А, причем электрод способен выдерживать высокие тепловые нагрузки без заметной деформации и растрескивания.

Стойкость к истиранию

Твердость торированного вольфрамового электрода (350-450 HV) выше, чем у чистого вольфрамового электрода (около 300 HV), благодаря упрочняющему эффекту оксида тория. Высокая твердость и стойкость к истиранию делают его устойчивым к истиранию и абляции кончика электрода при длительной сварке сильнотокком или дуговой резке. Например, при зажигании в электродуговой печи электрод WT40 способен многократно инициировать высокоинтенсивное зажигание дуги, а износостойкость обеспечивает долгосрочную надежность узла розжига.

Сценарии применения

Вакуумные электронные устройства: ториевые вольфрамовые электроды в качестве катодных материалов (такие как микроволновые трубки, рентгеновские трубки) стабильно излучают электроны при температуре 1500-2000°C, а высокая термостойкость и износостойкость гарантируют, что срок службы устройства составляет более тысячи часов.

Плазменная резка: электрод WT30 режет нержавеющей сталь плазменной дугой с высокой плотностью энергии, что снижает расход электродов и повышает эффективность резки благодаря износостойкости.

Электродуговая печь: Электрод WT40 используется для зажигания дуги в небольших электродуговых печах, а его высокотемпературная прочность и износостойкость способствуют высокочастотному зажиганию.

9.2 Недостатки ториевых вольфрамовых электродов

Несмотря на значительные эксплуатационные преимущества ториевых вольфрамовых электродов, следовая радиоактивность, вызванная присутствием оксида тория, ограничивает их использование в определенных областях применения и вызывает опасения по поводу окружающей среды и здоровья.

9.2.1 Опасность радиоактивного загрязнения

Торий-232 (Th-232) в оксиде тория является природным радионуклидом с периодом полураспада около 14 миллиардов лет, испускающим α частиц (4,01-4,08 МэВ) и небольшое количество β и γ лучей. Несмотря на низкую концентрацию активности (WT10 составляет около 1 Бк/г, WT40 немного выше нормы изъятия), все же существует риск радиоактивного загрязнения при производстве и использовании.

Риски в производственном процессе

Загрязнение пылью: при смешивании, измельчении, спекании и измельчении образуется торийсодержащая пыль, которая может попасть в организм человека при вдыхании или контакте, увеличивая риск внутреннего облучения. Длительное воздействие может привести к повреждению легких или тканей, хотя риск низок (годовая эффективная доза составляет от 0,1 до 1 мЗв).

Обращение с отходами: Отходы, образующиеся в процессе производства (например, пыль, сточные воды, отработанные электроды), должны быть обработаны как радиоактивные отходы, а отходы с концентрацией активности > 1 Бк/г должны быть затвердевать (например, смешаны с цементной матрицей) и храниться в специальных помещениях, что увеличивает производственные затраты.

Требования к оборудованию: Смесители, измельчители и печи для спекания должны быть оснащены кожухами и высокоэффективными фильтрами (HEPA, эффективность улавливания $> 99,9\%$) для предотвращения распространения пыли. Сточные воды должны быть очищены с помощью осадков и ионного обмена, и активность составляет $< 0,1$ Бк/л, прежде чем они могут быть сброшены.

Риски при использовании

Шлифовальная пыль: Перед сваркой наконечник электрода шлифуется для оптимизации формы дуги, и образующаяся ториевая пыль может попасть в организм при вдыхании. Требуется специальная шлифовальная машина и вакуумная система всасывания, в противном случае это может привести к облучению.

Выбросы в окружающую среду: Выхлопные газы от сварки и резки могут содержать следовые количества соединений тория, которые необходимо обрабатывать с помощью фильтров с активированным углем и HEPA для предотвращения загрязнения рабочей среды.

Утилизация отработанных электродов: Отходы ториевых вольфрамовых электродов необходимо собирать отдельно в соответствии с радиоактивными отходами, что увеличивает стоимость использования и сложность надзора.

Стандартные ограничения

Международные стандарты: Публикация 103 МКРЗ и Директива ЕС 2013/59/Евратом требуют для производства и использования мощности дозы в окружающей среде $< 0,1$ мкЗв/ч и поверхностного загрязнения $< 0,4$ Бк/см².

Отечественные стандарты: ГБ 18871-2002 и «Мероприятия по радиационному контролю окружающей среды и раскрытию информации предприятий, осуществляющих разработку и утилизацию радиоактивных полезных ископаемых (Опыт)» требуют от предприятий

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

регулярного контроля уровня радиации, а концентрация отходов должна составлять <1 Бк/г.

Сцены с ограниченным доступом

Из-за риска радиоактивности использование ториевых вольфрамовых электродов в медицинской, пищевой и электронной промышленности ограничено. Например, Европейский союз и Северная Америка запрещают использование ториевых вольфрамовых электродов при сварке пищевой нержавеющей стали, чтобы избежать потенциального риска загрязнения.

9.2.2 Воздействие на окружающую среду и здоровье человека

Радиоактивные свойства торий-вольфрамовых электродов могут оказывать воздействие на окружающую среду и здоровье, что побуждает промышленность искать нерадиоактивные альтернативы.

Воздействие на окружающую среду

Утилизация отходов: Радиоактивные отходы (например, пыль, сточные воды, отработанные электроды), образующиеся во время производства и использования, должны строго контролироваться, чтобы избежать загрязнения почвы и водоемов. Например, соединения тория в сточных водах могут привести к загрязнению грунтовых вод, если их сбрасывать без очистки.

Контроль выбросов: Выхлопные газы от сварки и резки обрабатываются высокоэффективной системой фильтрации для предотвращения попадания соединений тория в атмосферу. Предприятия обязаны на регулярной основе представлять отчеты о выбросах в департамент охраны окружающей среды для выполнения требований Мероприятий.

Долгосрочное накопление: сверхдлительный период полураспада тория-232 означает, что отходы необходимо хранить в течение длительного времени, а строительство и обслуживание специализированных банков отходов увеличивает затраты на охрану окружающей среды.

Воздействие на здоровье

Профессиональное воздействие: Операторы, производящие и использующие ториевые вольфрамовые электроды, могут подвергаться воздействию излучения α частиц при вдыхании пыли или прикосновении к загрязненным поверхностям. Длительное воздействие низких доз может увеличить риск развития рака легких или повреждения тканей, хотя вероятность этого невелика (1 мЗв безопасен для эффективной <дозы в год).

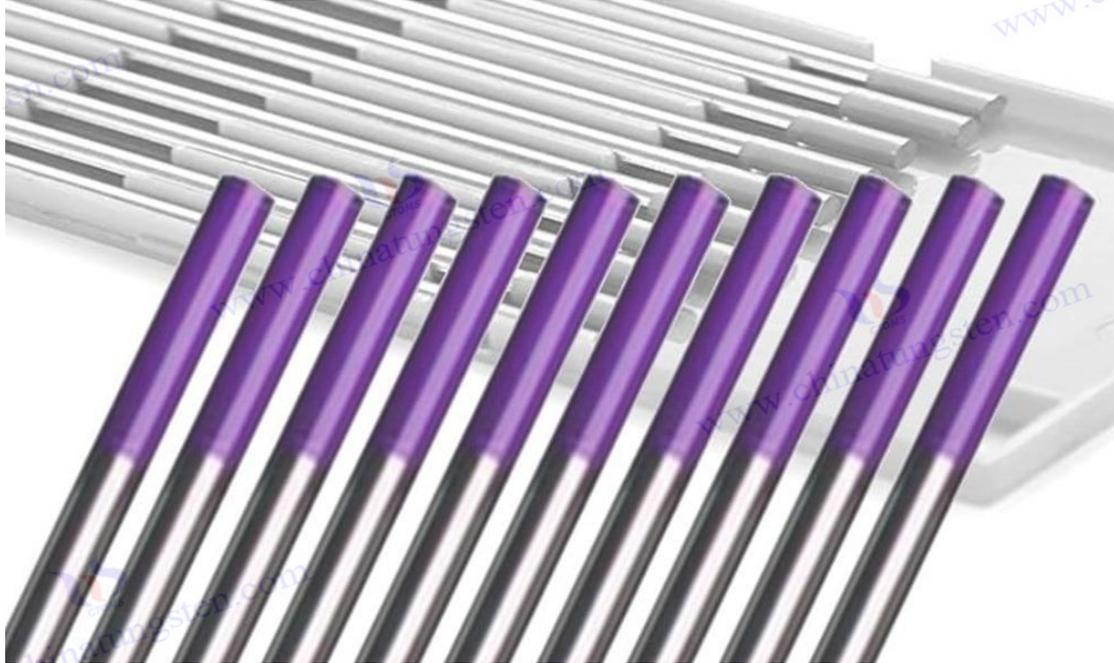
Общественный риск: Если отходы не утилизируются должным образом, соединения тория могут попадать в пищевую цепочку через окружающую среду (например, воду, почву) и влиять на здоровье окружающих жителей. МКРЗ рекомендует, чтобы годовая эффективная доза для населения составляла < 1 мЗв при строгом контроле выбросов.

Затраты на защиту: предприятия должны быть оснащены средствами защиты (такими как защитная одежда, респираторы) и оборудованием для мониторинга (например, АГ1123, ХН-3206), а операторы должны пройти обучение по радиационной безопасности, что увеличивает эксплуатационные расходы.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Альтернативные тренды

Из-за проблем с радиоактивностью нерадиоактивные электроды, такие как цериевый вольфрам (WC20), лантановый вольфрам (WL20) и циркониевый вольфрам (WZ8), постепенно вытесняют ториевые вольфрамовые электроды. Работа электронов (около 2,7-2,8 эВ) и стабильность дуги этих электродов близки к таковым у ториевых вольфрамовых электродов без радиоактивного риска. Например, лантановые вольфрамовые электроды уже составляют более 60% сварочных электродов TIG на рынке ЕС и широко используются в аэрокосмической и медицинской промышленности. Ториевые вольфрамовые электроды в Китае по-прежнему доминируют благодаря ценовым преимуществам, но доля лантановых вольфрамовых электродов и цериевых вольфрамовых электродов увеличивается из года в год.



CTIA GROUP LTD ЭЛЕКТРОД WT30

Глава 10 Хранение, транспортировка и управление безопасностью ториевых вольфрамовых электродов

Поскольку ториевые вольфрамовые электроды содержат следовые количества радиоактивного оксида тория (ThO_2), их хранение, транспортировка и использование должны соответствовать строгим методам управления безопасностью для предотвращения радиоактивного загрязнения, защиты здоровья человека и обеспечения экологической безопасности. В этой главе будут подробно рассмотрены среда и условия хранения, стандарты упаковки и меры защиты, меры предосторожности при транспортировке, методы управления безопасностью радиоактивных материалов, а также меры по обработке чрезвычайных ситуаций и предотвращению аварий.

10.1 Требования к окружающей среде и условиям хранения

Хранение ториевых вольфрамовых электродов должно гарантировать, что их физические свойства не ухудшатся, и в то же время предотвращать утечку или распространение

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

радиоактивных материалов оксида тория. Среда и условия хранения должны соответствовать международным и национальным стандартам (e.g. ISO 6848:2015, GB 18871-2002).

Среда хранения данных

Температура и влажность:

Температура: 10-30°C, во избежание высокой температуры (>50°C), приводящей к окислению поверхности электрода или ухудшению свойств материала.

Влажность: относительная влажность <60% для предотвращения коррозии вольфрамовой матрицы влагой или поглощения влаги пылью оксида тория.

Экологические требования: Место хранения должно быть сухим и хорошо проветриваемым специализированным складом, вдали от источников воды и химикатов.

Пыленепроницаемый и изолированный:

Помещение для хранения должно быть оборудовано эффективной системой вентиляции с концентрацией пыли в воздухе < 0,1 мг/м³ для предотвращения распространения радиоактивной пыли.

Электроды следует хранить отдельно от продуктов питания, лекарств или других чувствительных предметов, чтобы избежать перекрестного загрязнения.

Радиационная защита:

Мощность дозы излучения X-γ в зоне хранения должна составлять < 0,05 мкЗв/ч, что соответствует требованиям GB 18871-2002.

Склад должен быть оборудован радиационным монитором (например, AT1123) для регулярного контроля уровня окружающего излучения.

Условия хранения

Требования к контейнеру:

Электроды должны храниться в герметичном контейнере из нержавеющей стали или пластика толщиной > 2 мм и маркировке радиоактивной предупреждающей этикеткой (например, «Осторожно: радиоактивный материал»).

Контейнер должен быть заполнен инертным газом (например, аргоном) или храниться в вакууме, чтобы предотвратить окисление.

Классифицированное хранение:

Различные типы ториевых вольфрамовых электродов (например, WT10, WT20, WT30, WT40) следует хранить отдельно, указывая содержание оксида тория и номер партии.

Отработанные электроды следует хранить отдельно в специальном контейнере для радиоактивных отходов, чтобы предотвратить смешивание.

Срок хранения:

Срок хранения ториевых вольфрамовых электродов обычно составляет 2-5 лет, в зависимости от целостности упаковки и условий хранения.

Регулярно проверяйте качество поверхности электродов (отсутствие окисления и трещин), а

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

неквалифицированные электроды следует обрабатывать как радиоактивные отходы.

Профилактика

Склады хранения должны быть закрыты для постороннего персонала и оборудованы системами контроля доступа и наблюдения.

Записи о хранении должны включать тип электрода, количество, партию, дату хранения и данные радиационного контроля, а также должны храниться в архиве не менее 5 лет.

Склады необходимо регулярно убирать методом влажной уборки, чтобы избежать попадания пыли.

10.2 Стандарты упаковки и меры защиты

Упаковка является первой линией защиты при хранении и транспортировке ториевых вольфрамовых электродов, которая должна обеспечивать целостность электродов и предотвращать утечку радиоактивных материалов, в соответствии с международными и отечественными стандартами (такими как ISO 6848:2015, GB/T 4187-2017).

Стандарты упаковки

Упаковочный материал:

Внутренняя упаковка: используйте влагостойкие, устойчивые к окислению пластиковые трубки или вакуумные пакеты, каждый электрод должен быть упакован индивидуально, чтобы предотвратить трение друг о друга.

Внешняя упаковка: коробка из нержавеющей стали или высокопрочного пластика, толщина > 2 мм, ударопрочная и герметичная.

Прокладочный материал: Наполните поролоновыми или пузырчатými прокладками для снижения вибрации и ударов во время транспортировки.

Требования к маркировке:

На упаковке должны быть указаны тип электрода (например, WT20), содержание оксида тория, номер партии, дата изготовления и информация о производителе.

Предупреждающие знаки о радиоактивности: Укажите символ «Радиоактивный материал» (трилистник) и текстовые описания, такие как «Содержит торий, обращайтесь с осторожностью».

Соответствует требованиям Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) к упаковке SSR-6 с категорией упаковки «тип А» (для низкоактивных радиоактивных материалов).

Упаковка:

Количество электродов в пачке: 10-100, длина (50-300 мм) и диаметр (0,5-10 мм) должны быть одинаковыми.

Вес упаковки: <50 кг для удобства в обращении и транспортировке.

Защитные меры

Устойчивость к влаге и окислению:

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Упаковка должна быть заполнена влагопоглотителем (например, силикагелем) или пропылесосной, чтобы предотвратить попадание влаги.

Внешняя упаковка должна быть покрыта антикоррозийной краской или антикоррозийными материалами для обеспечения безопасности при длительном хранении.

Ударопрочность и устойчивость к падениям:

Коробка должна пройти испытание на падение (высота 1,2 м без поломки) и соответствовать требованиям МАГАТЭ SSR-6.

Коробка должна быть надежно закреплена во время транспортировки во избежание соскальзывания или опрокидывания.

Радиологическая защита:

Коробка должна быть защищена от частиц α (достаточно > толщины пластика 0,1 мм) и некоторых γ лучей (толщина > 2 мм из нержавеющей стали).

Мощность дозы облучения поверхности упаковки должна составлять < 0,1 мкЗв/ч, а загрязнение поверхности < 0,4 Бк/см² (GB 18871-2002).

Профилактика

Упаковку необходимо регулярно проверять, чтобы убедиться в отсутствии повреждений или утечек.

Определяйте уровни радиации на поверхностях упаковки с помощью детекторов мощности дозы излучения X- γ (например, AT1123) и детекторов α и β поверхностного загрязнения (например, ХН-3206).

Упаковка, не соответствующая требованиям, должна быть повторно запечатана или утилизирована как радиоактивные отходы.

10.3 Меры безопасности при транспортировке

Перевозка ториевых вольфрамовых электродов регулируется международными и национальными правилами перевозки радиоактивных материалов (например, IAEA SSR-6, GB 11806-2004) для обеспечения безопасности и предотвращения радиоактивного загрязнения.

Требования к доставке

Способ доставки:

Наземный транспорт: используйте специальные грузовики, оборудованные антивибрационными приспособлениями и оборудованием радиационного контроля.

Морской фрахт: Соответствует спецификациям Международной морской организации (IMDG), упаковка типа А, размещается в специальном грузовом отсеке.

Авиaperевозки: Соответствует Правилам перевозки опасных грузов Международной ассоциации воздушного транспорта (IATA), а упаковка подвергается испытаниям под давлением и падениям.

Упаковка и погрузка:

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Электроды должны быть упакованы в соответствии с разделом 10.2 и закреплены в транспортном средстве во избежание перемещения или повреждения.

Транспортные средства или грузовые трюмы должны иметь предупреждающий знак о радиоактивности с указанием «Вещество с низкой удельной активностью (НУА-I)».

Радиационный контроль:

Перед транспортировкой: Определите мощность поверхностной дозы ($<0,1$ мкЗв/ч) и уровень загрязнения ($<0,4$ Бк/см²) на поверхности упаковки.

В пути: Регулярно проверяйте уровень радиации груза с помощью портативного детектора радиации, такого как RadEye PRD.

После отправки: Получатель проверяет целостность упаковки и уровень радиации, а также записывает данные.

Меры предосторожности

Охрана персонала:

Транспортный персонал обязан пройти обучение по радиационной безопасности и носить индивидуальный дозиметр с эффективной дозой < 1 мЗв в год.

При работе надевайте защитные перчатки и избегайте прямого контакта с электродами или упаковкой.

Готовность к чрезвычайным ситуациям:

Транспортные средства должны быть оснащены аварийными комплектами, включающими защитную одежду, герметичные мешки и портативные детекторы радиации.

Сформулируйте план действий в чрезвычайных ситуациях при транспортировке и уточните процесс обработки в случае утечки или повреждения.

Планирование маршрута:

Выбирайте транспортные маршруты вдали от населенных пунктов и источников воды, чтобы избежать ненастной погоды.

Поставки регулируются местными нормами и заранее сообщаются в соответствующие органы (например, в органы по охране окружающей среды или ядерной безопасности).

Профилактика

Транспортные записи должны храниться не менее 5 лет, включая количество электродов, тип упаковки, уровень излучения и маршрут доставки.

Для международных перевозок требуется английская версия Сертификата на перевозку радиоактивных материалов, которая соответствует требованиям МАГАТЭ SSR-6.

Избегайте смешивания с другими опасными грузами (например, легковоспламеняющимися веществами) во время транспортировки.

10.4 Практика управления безопасностью радиоактивных материалов

Ториевые вольфрамовые электроды относятся к радиоактивным веществам с низкой удельной активностью из-за содержащегося в них тория-232 (Th-232, концентрация

активности около 1 Бк/г) и подпадают под действие международных и национальных норм управления радиологической безопасностью (например, Публикация ICRP 103, GB 18871-2002).

Нормы управления

Регистрация и лицензирование:

Производители и пользователи должны зарегистрироваться в регулирующих органах ядерной безопасности (например, в Национальном управлении ядерной безопасности Китая) и получить лицензию на эксплуатацию радиоактивных материалов.

При хранении и транспортировке требуется отчетность о концентрации активности, WT10 (0,8-1,2% ThO₂) в целом соответствует критериям исключения (1 Бк/г), а WT40 (3,8-4,2% ThO₂) требует дополнительного контроля.

Радиационная защита:

Производственные и складские помещения должны быть оборудованы кожухами и фильтрами НЕРА (эффективность улавливания 99,9%> для предотвращения распространения пыли.

Операторы обязаны носить защитную одежду, респираторы и перчатки, а также проходить регулярные медицинские осмотры и контроль дозы (эффективная доза < 1 мЗв в год).

Управление отходами:

Классификация отходов: Пыль, сточные воды и отработанные электроды должны собираться отдельно, а отходы с концентрацией активности > 1 Бк/г должны обрабатываться как радиоактивные отходы.

Отверждающая обработка: пыль и отработанные электроды необходимо смешать с цементом или смоляной матрицей, при этом прочность отверждаемого корпуса > 10 МПа.

Хранение и захоронение: Радиоактивные отходы хранятся в специальном хранилище и регулярно передаются в профессиональный орган (например, Китайскую национальную ядерную корпорацию) для захоронения.

Раскрытие информации:

В соответствии с Мерами по радиационному контролю окружающей среды и раскрытию информации предприятий, осуществляющих разработку и утилизацию радиоактивных рудников (для опытного внедрения), предприятия обязаны ежегодно представлять в отдел охраны окружающей среды отчеты о радиационном контроле и раскрывать данные об обращении с отходами и сбросах.

Стандартная основа

Международный: Публикация МКРЗ 103 (2007 г.) требует, чтобы ежегодная эффективная доза составляла < 1 мЗв и профессиональное облучение < 20 мЗв; В SSR-6 МАГАТЭ указаны транспортная упаковка и предельные значения радиации.

Бытовые: GB 18871-2002 требует мощности дозы в окружающей среде < 0,05 мкЗв/ч и

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

загрязнения поверхности $< 0,4$ Бк/см²; GB 11806-2004 регулирует безопасность перевозки радиоактивных материалов.

Профилактика

Предприятиям необходимо наладить систему управления радиационной безопасностью и назначить штатного сотрудника, ответственного за радиационную защиту.

Регулярное обучение персонала радиационным рискам, защитным мерам и реагированию на чрезвычайные ситуации.

Оборудование для радиационного контроля необходимо ежегодно калибровать для обеспечения точности и надежности.

10.5 Управление чрезвычайными ситуациями и предотвращение несчастных случаев

Несмотря на то, что риск радиоактивности ториевых вольфрамовых электродов низок (в основном α частиц, слабое проникновение), необходимо разработать меры по экстренному лечению и предотвращению несчастных случаев для борьбы с такими ситуациями, как повреждение упаковки, утечка пыли или несчастные случаи при транспортировке.

Предотвращение несчастных случаев

Обслуживание оборудования:

Регулярно проверяйте герметичность миксеров, кофемолок и емкостей для хранения, чтобы предотвратить утечку пыли.

Системы вентиляции и пылеулавливания должны поддерживаться в нормальном рабочем состоянии, а интервалы замены фильтров < 6 месяцев.

Эксплуатационные характеристики:

Сотрудники обязаны строго следовать рабочим процедурам, носить средства защиты, а также запрещается шлифовать электроды в неизолированных зонах.

Во время хранения и транспортировки следует регулярно проверять целостность упаковки, а поврежденную тару своевременно заменять.

Экологический мониторинг:

Установите стационарные станции радиационного контроля (например, Mirion RDS-31) для контроля мощности дозы в цехах и на складах в режиме реального времени.

Еженедельно проверяйте поверхности оборудования и упаковки с помощью α , β детекторов поверхностного загрязнения, таких как ХН-3206.

Реагирование на чрезвычайные ситуации

Утечка пыли:

Немедленно отключите соответствующее оборудование, активируйте систему аварийной вентиляции и изолируйте зону утечки.

Пыль собирается методом влажного подметания, помещается в герметичный контейнер и маркируется предупреждением о радиоактивности.

Диапазон загрязнения оценивали с помощью детекторов X- γ и детекторов α и β , и мощность

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

дозы > 0,1 мкЗв/ч или поверхностное загрязнение > 0,4 Бк/см².

Поврежденная упаковка:

Прекратите отправку или обработку и переместите поврежденную посылку в карантинную зону.

Повторно загерметизируйте электроды с помощью герметичного пакета, чтобы определить уровень излучения нового пакета.

Очистите разбросанные электроды и отправьте их в хранилище радиоактивных отходов.

Транспортные происшествия:

Изолируйте место происшествия, ограничьте доступ персонала и носите средства защиты.

Для оценки уровня радиации используется портативный детектор радиации, а для документирования места происшествия делаются фотографии.

Свяжитесь с отделом ядерной безопасности и защиты окружающей среды, сообщите подробности аварии и при необходимости утилизируйте загрязненные предметы.

Контакт с персоналом:

Немедленно эвакуируйте облученный персонал, проверьте индивидуальные дозиметры и оцените полученную дозу.

Окажите первую помощь (например, промойте кожу или глаза) и, при необходимости, отведите врача на обследование.

Регистрируйте события воздействия, анализируйте причины и улучшайте защитные меры.

Профилактика

Предприятиям необходимо не реже одного раза в год формировать детальные планы действий в чрезвычайных ситуациях и организовывать учения.

В аварийный набор должна входить защитная одежда, герметичный пакет, портативный детектор и средства первой помощи.

Отчет об аварии должен быть представлен в отдел ядерной безопасности в течение 24 часов и содержать причину аварии, уровень радиации и меры по утилизации.



ЭЛЕКТРОД CTIA GROUP LTD WT40

Глава 11 Будущие тенденции развития и проблемы ториевого вольфрамового электрода

Являясь ключевым материалом в аргодуговой сварке вольфрама (TIG), плазменной сварке и вакуумных электронных устройствах, ториевые вольфрамовые электроды занимают важное место в аэрокосмической, атомной и нефтехимической отраслях благодаря своей превосходной стабильности дуги, низкой работе утечки электронов и высокой износостойкости. Тем не менее, следовые уровни радиоактивности, вызванные оксидом тория (ThO_2), создают проблемы для окружающей среды и здоровья, что побуждает отрасль ускорить разработку нерадиоактивных альтернативных материалов, улучшить процессы подготовки и продвигать экологически чистое производство. В этой главе будут обсуждаться будущие тенденции развития торий-вольфрамовых электродов, включая прогресс в исследованиях и разработках альтернативных материалов, защиту окружающей среды и давление радиоактивной безопасности, новые процессы подготовки и экологичное производство, направления повышения производительности, изменения рыночного спроса и развитие промышленной цепочки, а также влияние и соблюдение требований политики и нормативных требований.

11.1 Ход исследований и разработок альтернативных материалов для торий-вольфрамовых электродов

В связи со все более строгим регулированием радиоактивных материалов во всем мире, исследования и разработки нерадиоактивных вольфрамовых электродов стали актуальной темой в отрасли. Альтернативные материалы предназначены для поддержания или приближения к сварочным свойствам ториевых вольфрамовых электродов, таким как низкая работа электронов и стабильность дуги, при одновременном устранении риска

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

радиоактивности. В настоящее время нерадиоактивные электроды, такие как цериевый вольфрам (WC20), SM вольфрам (WL20), циркониевый вольфрам (WZ8) и иттриевый вольфрам (WY20), заменили ториевые вольфрамовые электроды в некоторых областях.

11.1.1 Цериевый вольфрамовый электрод (WC20)

Состав и свойства: Содержит 1,8-2,2% оксида церия (CeO_2), а электронная работа составляет около 2,7 эВ, что близко к 2,63 эВ ториевого вольфрамового электрода. Церий-вольфрамовый электрод продемонстрировал хорошие характеристики зарождения дуги и стабильность дуги при сварке анодом постоянного тока (DCEN) и сваркой переменным током (AC), а скорость выгорания составила $< 0,12$ мм/ч (при токе 200 А), что немного выше, чем у ториевого вольфрамового электрода 0,1 мм/ч.

Преимущество: Нерадиоактивен, подходит для медицинской, пищевой и электронной промышленности. Стоимость низкая, производственный процесс прост и соответствует стандарту ISO 6848:2015.

Применение: Широко используется при сварке TIG нержавеющей стали и алюминиевых сплавов. Например, в производстве медицинского оборудования электроды WC20 используются для сварки имплантатов из титанового сплава, что позволяет избежать риска радиоактивного загрязнения.

Прогресс в исследованиях и разработках: Исследования в последние годы были сосредоточены на оптимизации распределения и размера (0,5-2 мкм) частиц оксида церия для повышения стабильности и долговечности дуги. Например, в 2023 году журнал Welding Journal сообщил о новом процессе мокрого легирования, который подготавливает более однородные цериевые вольфрамовые электроды путем химического осаждения, улучшая стабильность дуги на 10%.

Задача: При высоких токах (>300 А) скорость выгорания цериевых вольфрамовых электродов немного выше, что ограничивает их применение при сварке в тяжелых условиях. Исследователи изучают композитный легинг (например, $\text{CeO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3$) для дальнейшего снижения скорости выгорания.

11.1.2 Вольфрамовый электрод SM (WL20)

Состав и производительность: содержит 1,8-2,0% окисленного SM (La_2O_3), электронную работу около 2,8 эВ, стабильность дуги лучше, чем у цериевого вольфрамового электрода, а скорость выгорания составляет $< 0,1$ мм/ч (при токе 200 А), близка к ториевому вольфрамовому электроду. Электрод WL20 отлично подходит для сварки большим током и импульсной сварки, что делает его пригодным для прецизионных и тяжелых условий эксплуатации.

Преимущества: не радиоактивен, отличная устойчивость к высоким температурам и износостойкость, на 20-30% дольше по сравнению с цериевыми вольфрамовыми

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

электродами. На рынке ЕС на долю WL20 уже приходится более 60% сварочных электродов TIG.

Применение: Используется в аэрокосмической и атомной промышленности для сварки титановых сплавов и сплавов на основе никеля. Например, компания Boeing в большом количестве использовала электроды WL20 в своей конструкции самолета 787, заменив электроды WT20.

Прогресс в исследованиях и разработках: В 2024 году Materials Science and Engineering сообщил о новом вольфрамовом электроде SM, который значительно улучшает концентрацию дуги и долговечность за счет наноразмерного окислительного легирования SM (размер частиц < 0,5 мкм). Также было изучено композитное легирование SM цирконием или иттрием для оптимизации производительности сварки переменным током.

Проблема: Производство вольфрамовых электродов SM дорого (примерно на 20% выше, чем у WT20), что ограничивает их применение на чувствительных к стоимости рынках. Исследователи разрабатывают недорогие процессы спекания для снижения цен.

11.1.3 Циркониевые вольфрамовые электроды (WZ8)

Состав и свойства: Содержит 0,7-0,9% диоксида циркония (ZrO_2), специально разработанного для сварки алюминиевых и магниевых сплавов переменным током. Электронная работа составляет около 2,9 эВ, стабильность дуги умеренная, а скорость выгорания составляет < 0,15 мм/ч при 150 А.

Преимущества: нерадиоактивен, подходит для сварки легких металлов, на поверхности электрода образуется стабильный оксидный слой, уменьшающий загрязнение.

Применение: Используется для сварки алюминиевых сплавов в автомобильной и морской промышленности, например, в конструкциях кузовов и корпусов автомобилей.

Прогресс в исследованиях и разработках: Исследования и разработки циркониевых вольфрамовых электродов сосредоточены на улучшении стабильности дуги, и в 2022 году в Journal of Materials Processing Technology сообщалось о композитном циркониево-вольфрамовом электроде со следами оксида иттрия, который улучшил стабильность дуги на 15%.

Задача: Циркониевые вольфрамовые электроды не подходят для высокоточной сварки DCEN и имеют узкий спектр применения. В будущем необходимо разработать композитные электроды на основе циркония, пригодные для различных сценариев.

11.1.4 Иттриевый вольфрамовый электрод (WY20)

Состав и свойства: Содержит 1,8-2,2% оксида иттрия (Y_2O_3), электронная работа около 2,75 эВ, производительность близка к характеристикам вольфрамового электрода SM, подходит

для высокоточной сварки.

Преимущества: Нерадиоактивен, обладает высокой стабильностью дуги, подходит для микросварки (например, электронных компонентов).

Применение: Прецизионная пайка в полупроводниковой и электронной промышленности, например, для соединений печатных плат.

Прогресс в исследованиях и разработках: исследования сосредоточены на повышении термической усталостной стойкости иттрий-вольфрамовых электродов, а в 2023 году Китайское общество сварки сообщило, что иттрий-вольфрамовый электрод, полученный методом плазменного напыления, увеличил долговечность на 25%.

Задача: Иттрий-вольфрамовые электроды имеют высокую стоимость (примерно на 30% выше, чем WT20) и низкое проникновение на рынок. Производственные процессы нуждаются в дальнейшей оптимизации для снижения затрат.

11.1.5 Композитные редкоземельные электроды

Направление исследований и разработок: композитные легированные электроды (такие как $\text{CeO}_2+\text{La}_2\text{O}_3$, $\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3$) сочетают в себе преимущества различных оксидов редкоземельных элементов для достижения низкой электронной работы (<2,7 эВ), высокой стабильности дуги и низкой скорости выгорания. В 2024 году журнал Journal of Industrial Ecology сообщил о композитном электроде $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3$ с характеристиками, близкими к WT40, и нерадиоактивностью.

Преимущества: Отличная комплексная производительность, которая может охватывать все сценарии применения ториевого вольфрамового электрода.

Задача: Процесс легирования композитных материалов сложен, однородность трудно контролировать, а стоимость высока. В будущем необходимо будет развивать технологии автоматизированного смешивания и спекания.

11.1.6 Перспективы на будущее

Краткосрочная перспектива (1-5 лет): Цериевые вольфрамовые электроды и вольфрамовые электроды SM продолжают расширять свою долю рынка, особенно на европейских и американских рынках со строгими экологическими требованиями. Вольфрамовые электроды SM могут стать основной альтернативой благодаря своим превосходным эксплуатационным характеристикам.

Долгосрочная (5-10 лет): Ожидается, что композитные редкоземельные электроды полностью заменят ториевые вольфрамовые электроды, особенно при высокоточной и тяжелой сварке. Также исследуются новые легированные материалы (например, оксид диспрозия, оксид эрбия), которые могут еще больше улучшить эксплуатационные

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

характеристики.

Технологичность: нанотехнологии и химическое осаждение из газовой фазы (CVD) будут использоваться для изготовления более однородных легированных электродов и повышения стабильности характеристик. Искусственный интеллект (ИИ) для оптимизации коэффициентов легирования и параметров спекания также ускорит процесс исследований и разработок.

11.2 Охрана окружающей среды и давление радиологической безопасности

Торий-232 (Th-232) в ториевых вольфрамовых электродах испускает α частицы и небольшое количество β и γ лучей, и хотя концентрация активности низка (около 1 Бк/г для WT10 и немного выше стандарта исключения для WT40), его радиоактивность вызвала глобальное давление на окружающую среду и безопасность, что побудило промышленность перейти на нерадиоактивные электроды.

11.2.1 Международные экологические нормы

ЕС: Директива 2013/59/Евратом требует, чтобы мощность дозы в окружающей среде составляла $< 0,1$ мкЗв/ч и поверхностное загрязнение $< 0,4$ Бк/см² для производства и использования. В ЕС постепенно отказались от ториевых вольфрамовых электродов, в которых доминируют вольфрамовые и цериевые вольфрамовые электроды SM.

США: Агентство по охране окружающей среды (EPA) и Управление по охране труда и здоровья (OSHA) требуют, чтобы предприятия были оснащены фильтрами HEPA и специализированным шлифовальным оборудованием для снижения воздействия ториевой пыли. Такие штаты, как Калифорния, требуют специальных разрешений на использование радиоактивных материалов.

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ): Спецификация SSR-6 требует, чтобы транспортные упаковки были защищены от частиц α и γ лучей при мощности поверхностной дозы $< 0,1$ мкЗв/ч, МАГАТЭ также выступает за исключения для веществ с низкой удельной активностью (LSA-I), и электроды WT10 в целом соответствуют критериям исключения.

11.2.2 Внутренние экологические нормы

Китай: GB 18871-2002 требует, чтобы мощность дозы в производственной среде составляла $< 0,05$ мкЗв/ч, а концентрация отходов составляла < 1 Бк/г. Мероприятия по радиационному контролю окружающей среды и раскрытию информации предприятий, осуществляющих разработку и утилизацию радиоактивных полезных ископаемых (для опытного внедрения), предусматривают ежегодное представление предприятиями отчетов по радиационному контролю, а активность сточных вод составляет $< 0,1$ Бк/л.

Задача: Будучи крупнейшим в мире производителем вольфрама и ториевых вольфрамовых электродов, Китай сталкивается с огромным давлением в области переработки отходов и

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

контроля выбросов. Отходы (например, пыль, сточные воды) необходимо затвердевать и хранить в специальных помещениях, что увеличивает производственные затраты.

11.2.3 Воздействие на окружающую среду

Загрязнение пылью: Ториевая пыль, образующаяся в процессе смешивания, измельчения и спекания, может загрязнять окружающую среду при вдыхании или осаждении и требует защитного колпака и высокоэффективного фильтра (эффективность улавливания 99,9% >).

Сточные воды и отходы: соединения тория в производственных сточных водах необходимо очищать за счет осаждения и ионного обмена, а твердые отходы необходимо смешивать с цементной матрицей, что дорого для длительного хранения.

Долгосрочное накопление: сверхдлительный период полураспада тория-232 (14 миллиардов лет) означает, что отходы необходимо постоянно изолировать, что может повлиять на безопасность почвы и воды.

11.2.4 Воздействие на здоровье

Профессиональное воздействие: Операторы могут подвергаться воздействию α частиц при вдыхании пыли или контакте с загрязненными поверхностями в эффективной дозе менее 1 мЗв в год (ICRP 103). Долгосрочное воздействие низких доз может увеличить риск развития рака легких, хотя и с меньшей вероятностью.

Общественный риск: Если отходы не утилизируются должным образом, соединения тория могут попадать в пищевую цепочку через окружающую среду, что влияет на здоровье окружающих жителей. Годовая эффективная доза для населения должна составлять <1 мЗв.

Затраты на защиту: Компаниям необходимо инвестировать в защитное оборудование (например, защитную одежду, респираторы), оборудование для мониторинга (например, АТ1123, ХН-3206) и обучение, что увеличивает эксплуатационные расходы.

11.2.5 Будущие тенденции

Нерadioактивное замещение: Давление окружающей среды стимулирует популярность вольфрамовых и цериевых вольфрамовых электродов SM, и ожидается, что к 2030 году доля мирового рынка ториевых вольфрамовых электродов снизится с нынешних 40% до 20%.

Зеленая сертификация: Компании обязаны пройти сертификацию системы экологического менеджмента ISO 14001, чтобы доказать, что их производственные процессы соответствуют экологическим стандартам.

Техническая поддержка: Автоматизированные системы мониторинга (например, сети обнаружения радиации в режиме реального времени) и технологии обработки отходов (например, сжигание плазмы) снизят риск радиоактивности.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

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 (ThO₂). 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

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

11.3 Новые процессы подготовки и экологичное производство

Для того, чтобы справиться с давлением защиты окружающей среды и снизить производственные затраты, процесс подготовки ториевых вольфрамовых электродов развивается в направлении высокой эффективности, экологичности и интеллекта.

11.3.1 Передовые технологии смешивания и легирования

Влажное смешивание: При смешивании вольфрамового порошка и оксида тория в деионизированной воде или этаноле уменьшается выброс пыли и улучшается однородность. В 2023 году в журнале Journal of Materials Processing Technology сообщалось о процессе влажного смешивания с помощью ультразвука, который улучшил равномерность распределения частиц оксида тория на 15%.

Химическое совместное осаждение: однородный легированный порошок атомного уровня готовится путем совместного осаждения раствора вольфрамата и нитрата тория, что подходит для производства высококачественных электродов. Технологический процесс должен быть оснащен реакторами и центрифугами, а стоимость очистки сточных вод высока.

Нанолегирование: наноразмерные частицы оксида тория (<0,5 мкм) используются для улучшения характеристик электродов при одновременном снижении легирования и снижении риска радиоактивности. В 2024 году Китайское общество сварки сообщило о технологии легирования из паровой фазы (CVD), а содержание оксида тория можно точно контролировать на уровне $\pm 0,01\%$.

11.3.2 Эффективная технология спекания

Плазменное спекание (SPS): порошок нагревается с помощью высокочастотного электрического искры, температура спекания снижается до 1800-2000 °C, время сокращается до 5-10 минут, а плотность электродов достигает 98% теоретической плотности. СЭС снижает энергопотребление на 30% и соответствует требованиям «зеленого» производства.

Микроволновое спекание: при использовании микроволнового быстрого нагрева время спекания сокращается до 10-15 минут, а размер зерен становится более равномерным (10-30 мкм). В 2023 году Materials and Engineering сообщил, что скорость выгорания ториевых вольфрамовых электродов, спеченных микроволновым излучением, снизилась на 10%.

Вакуумное спекание: спекание в вакуумной среде с температурой 10^{-4} Па для предотвращения окисления, подходит для производства электродов высокой чистоты. Новые вакуумные печи (например, ALD VIM) оснащены системой онлайн-мониторинга для повышения стабильности процесса.

11.3.3 Технологии «зеленого» производства

Контроль пыли: Новый закрытый смеситель и измельчитель оснащены фильтром HEPA и системой всасывания пыли под отрицательным давлением, а эффективность улавливания пыли > 99,9%, что соответствует требованиям GB 18871-2002.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Переработка отходов: Разработана технология переработки отработанных электродов для восстановления вольфрама и тория путем химического растворения и электролитического разделения с коэффициентом восстановления 90%. В 2024 году Journal of Industrial Ecology сообщил о замкнутом цикле переработки, который снизил активность сточных вод до менее чем 0,05 Бк/л.

Оптимизация энергопотребления: сокращение выбросов углекислого газа за счет использования высокоэффективных печей для спекания и возобновляемых источников энергии (например, солнечной энергии). В 2023 году Китайская национальная ядерная корпорация сообщила о сокращении выбросов углекислого газа на 20% на своей линии по производству торий-вольфрамовых электродов.

11.3.4 Интеллектуальное производство

Автоматизированное оборудование: Роботизированные системы смешивания и измельчения используются для уменьшения ручного контакта и снижения риска радиационного облучения. Например, роботизированная система шлифования ABB достигает погрешности угла наклона наконечника электрода $<1^\circ$.

Мониторинг в режиме реального времени: Оснащенный онлайн-анализаторами XRF и XRD, он может контролировать содержание оксида тория и структуру зерна в режиме реального времени для улучшения стабильности качества.

Оптимизация ИИ: Используя искусственный интеллект для оптимизации коэффициентов легирования и параметров спекания, процесс с помощью ИИ повысил эффективность производства на 15%, согласно журналу Welding Journal за 2024 год.

11.3.5 Задачи

Стоимость: Новые процессы (такие как SPS, CVD) требуют больших инвестиций в оборудование и трудно поддаются популяризации в краткосрочной перспективе.

Технологическая зрелость: Технологии нанолегирования и переработки отходов все еще находятся на лабораторной стадии, и необходимо проверить дальнейшую промышленную осуществимость.

Соответствие нормативным требованиям: «Зеленое» производство должно соответствовать строгим экологическим стандартам, что увеличивает стоимость сертификации.

11.4 Направление совершенствования характеристик ториевого вольфрамового электрода

Несмотря на быстрое развитие нерадиоактивных электродов, эксплуатационные преимущества ториевых вольфрамовых электродов при высокоэнергетической и тяжелой сварке по-прежнему делают их незаменимыми в определенных сценариях. Будущие улучшения производительности включают в себя:

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

11.4.1 Стабильность дуги и характеристики инициирования дуги

Цель: Для дальнейшего снижения работы ускорения электронов (<2,6 эВ) увеличить скорость зажигания дуги (<0,3 секунды) и стабильность дуги (колебания напряжения $\leq \pm 1$ В).

Технологический путь:

Размер частиц оксида тория (0,2-0,5 мкм) был оптимизирован для повышения эффективности тепловой эмиссии электронов.

Изучите преимущества композитного легирования (например, $\text{ThO}_2 + \text{CeO}_2$) в сочетании с различными оксидами редкоземельных элементов.

В 2024 году Materials Science and Engineering сообщил о композитном электроде $\text{ThO}_2\text{-La}_2\text{O}_3$ со снижением напряжения дуги на 10%.

11.4.2 Скорость потери при горении и срок службы

Цель: Снизить скорость выгорания до <0,08 мм/ч при 200 А и продлить срок службы электрода на 50%.

Технологический путь:

Увеличьте плотность электродов (теоретическая плотность >98%) и получите более плотную микроструктуру за счет плазменного спекания.

Методы нанесения поверхностного покрытия, такие как нанесение слоя диоксида циркония или оксида иттрия, повышают стойкость к абляции. В 2023 году журнал Journal of Materials Processing Technology сообщил об увеличении срока службы электродов с покрытием из диоксида циркония на 30%.

Задача: Процесс нанесения покрытия должен обеспечивать прочность покрытия к основанию и избегать отслаивания.

11.4.3 Высокотемпературная прочность и износостойкость

Цель: повысить твердость (>450 HV) и термическую усталостную стойкость к более высоким токам (>500 А) и температурам (> 20 000 °C).

Технологический путь:

Измельчение зерна, за счет контроля температуры и времени спекания, поддерживает размер зерна < 20 мкм.

Микроэлементы (например, Zr, Y) добавляются для увеличения граничной прочности зерна. В 2024 году Китайское общество сварки сообщило о ториевом вольфрамовом электроде, содержащем 0,1% оксида иттрия, твердость которого увеличена на 15%.

Задача: Элементы армирования могут повлиять на характеристики дуги, и это соотношение необходимо оптимизировать.

11.4.4 Перспективы на будущее

Многофункциональные электроды: разработка ториевых вольфрамовых электродов общего назначения, подходящих для сварки DCEN, AC и импульсной сварки, для расширения сценариев применения.

Интеллектуальный дизайн: ИИ моделирует взаимосвязь между микроструктурой электродов и производительностью, а также разрабатывает индивидуальные электроды в соответствии с потребностями конкретных отраслей.

Электрод с низким содержанием тория: электрод с низким содержанием оксида тория (<0,5%) разрабатывается в сочетании с композитным легированием с учетом эксплуатационных характеристик и безопасности.

11.5 Изменение рыночного спроса и развитие производственной цепочки

Рыночный спрос на ториевые вольфрамовые электроды зависит от эксплуатационных преимуществ, разработки альтернативных материалов и норм по охране окружающей среды, а промышленная цепочка также развивается в направлении диверсификации и экологизации.

11.5.1 Изменения в рыночном спросе

Глобальный рынок:

Объем мирового рынка торий-вольфрамовых электродов в 2024 году составит около 500 миллионов долларов, что составит 40% рынка сварочных электродов TIG. Ожидается, что к 2030 году доля рынка упадет до 20% из-за распространения альтернативных материалов.

Аэрокосмическая и атомная промышленность остаются областями с наибольшим спросом на ториевые вольфрамовые электроды, на долю которых приходится 60% от общего спроса, благодаря их незаменимым высоким характеристикам по току.

На рынках ЕС и Северной Америки, в связи с экологическими нормами, спрос на ториевые вольфрамовые электроды снизился, и доминируют вольфрамовые и цериевые вольфрамовые электроды SM.

Китайский рынок:

Китай является крупнейшим в мире производителем ториевых вольфрамовых электродов, на долю которого приходится 70% мирового производства. Внутренний спрос в основном приходится на нефтехимическую, морскую и атомную промышленность, на долю которых приходится 80% от общего спроса.

С развитием высокотехнологичного производства (например, аэрокосмической) спрос на высокопроизводительные ториевые вольфрамовые электроды (такие как WT30 и WT40) неуклонно растет.

Развивающиеся рынки:

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Юго-Восточная Азия, Индия и Южная Америка чувствительны к затратам, и ожидается, что спрос на ториевые вольфрамовые электроды будет расти со скоростью 5-7% в год.

11.5.2 Развитие производственной цепочки

Разведка и добыча: Добыча вольфрамовой руды и ресурсов тория ограничена экологическими нормами, а также требуются экологически чистые технологии добычи, такие как обогащение без цианида и извлечение хвостов.

Промежуточная стадия: Производители электродов должны инвестировать в экологически чистое производственное оборудование (например, печи для плазменного спекания) и системы обработки отходов, что увеличивает затраты на 10-20%.

Дальнейшая технология: Производителям сварочного оборудования необходимо разрабатывать сварочные аппараты, совместимые с нерадиоактивными электродами, такие как импульсные сварочные аппараты TIG, поддерживающие вольфрамовые электроды SM.

Цепочка переработки: Технологии переработки отработанных электродов, такие как химическое растворение и электролитическая сепарация, появляются и, как ожидается, увеличат глобальный уровень переработки с нынешних 10% до 30% к 2030 году.

11.5.3 Задачи

Ценовая конкуренция: Снижение стоимости нерадиоактивных электродов (например, ожидается, что цены на вольфрамовые электроды SM снизятся на 15% в течение 5 лет) приведет к сокращению рынка ториевых вольфрамовых электродов.

Технические барьеры: Высококачественные электроды (такие как композитные редкоземельные электроды) должны преодолеть узкое место производственного процесса и снизить затраты на накипь.

Региональные различия: развитые страны ускоряют поэтапный отказ от ториевых вольфрамовых электродов, в то время как развивающиеся продолжают использовать их из-за ценовых преимуществ, поэтому им необходимо сбалансировать спрос и предложение на мировом рынке.

11.6 Влияние политик и нормативных актов и разработка нормативно-правового соответствия

Политика и нормативные акты оказали глубокое влияние на производство и использование ториевых вольфрамовых электродов, способствуя развитию отрасли в соответствии с требованиями и в экологически чистом направлении.

11.6.1 Международные правила

ЕС: Директива 2013/59/Евратом требует, чтобы компании завершили поэтапный отказ от ториевых вольфрамовых электродов к 2025 году, а вольфрамовые и цериевые вольфрамовые электроды SM становятся обязательной альтернативой.

США: EPA и OSHA требуют от производителей оборудовать объекты радиационного контроля и обработки отходов, а Калифорния запретит строительство новых линий по производству торий-вольфрамовых электродов с 2024 года.

МАГАТЭ: Спецификация SSR-6 требует, чтобы транспортная упаковка соответствовала стандартам типа А, что увеличивает стоимость доставки.

11.6.2 Внутренние правила

Китай: GB 18871-2002 и Меры по радиационному мониторингу окружающей среды и раскрытию информации о предприятиях, занимающихся разработкой и использованием радиоактивных минералов (для экспериментального внедрения) требуют от предприятий представлять отчеты о радиации на регулярной основе, а обработка отходов должна соответствовать концентрации активности <1 Бк/г. В 2023 году Национальное управление по ядерной безопасности усилит инспекцию компаний по производству торий-вольфрамовых электродов.

Новые политические тенденции: Ожидается, что с 2025 по 2030 год Китай введет более строгую политику в отношении обращения с радиоактивными материалами для содействия разработке и применению нерадиоактивных электродов.

11.6.3 Разработка соответствия

Требования к сертификации: Компании должны быть сертифицированы по стандартам ISO 14001 (Экологический менеджмент) и ISO 45001 (Охрана труда и техника безопасности), чтобы продемонстрировать, что их производственные процессы соответствуют стандартам охраны окружающей среды и безопасности.

Техническое соответствие: Разработка электродов с низким содержанием тория или без него в соответствии с концентрациями, не содержащими тория (1 Бк/г). В 2024 году CNNC сообщила об электроде с низким содержанием тория, содержащем 0,5% ThO₂ с концентрацией активности < 0,8 Бк/г.

Международное сотрудничество: Китайским компаниям необходимо сотрудничать с международными организациями по стандартизации (например, ISO, IAEA), чтобы гарантировать, что экспорт электродов соответствует мировым нормам.

11.6.4 Задачи

Затраты на комплаенс: Затраты на радиационный контроль, обработку отходов и сертификацию составляют 10-15% производственных затрат, что оказывает давление на малые и средние предприятия.

Различия в регулировании: В разных странах действуют разные нормативные требования, и предприятиям-экспортерам необходимо настраивать производство, что увеличивает сложность.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Конверсия технологий: Переход от ториевых вольфрамовых электродов к нерадиоактивным электродам требует больших инвестиций в исследования и разработки, что может повлиять на конкурентоспособность рынка в краткосрочной перспективе.



CTIA GROUP LTD ЭЛЕКТРОД WT20

Приложение

А. Глоссарий

Ториевый вольфрамовый электрод: электрод из сплава, состоящий из вольфрама и оксида тория (ThO_2) для сварки и дугового разряда.

Оксид тория (ThO_2): допан в торированном вольфрамовом электроде, который обладает следовой радиоактивностью и усиливает работу по выходу электронов.

Эволюционная работа электронов: минимальное количество энергии, необходимое для того, чтобы электроны покинули поверхность материала, что влияет на характеристики инициации дуги электрода.

Дуговая сварка вольфрамовым аргоном (сварка TIG): процесс дуговой сварки с использованием вольфрамовых электродов под защитой инертного газа.

Абляция: потеря массы вольфрамовых электродов при высоких температурах дуги, включая оксидную абляцию и абляцию самого вольфрама.

Радиоактивное загрязнение: радиоактивная опасность, вызванная оксидом тория при производстве и использовании торий-вольфрамовых электродов.

Порошковая металлургия: процесс подготовки ториевых вольфрамовых электродов путем смешивания, прессования и спекания металлических порошков.

Эффективность иницирования дуги: Насколько легко электрод может иницировать дугу в процессе сварки.

Стабильность дуги: способность дуги оставаться непрерывной и стабильной в процессе сварки.

Мощность дозы рентгеновского излучения γ : Измеряйте интенсивность излучения

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

рентгеновских и γ -лучей в окружающей среде.

а. Поверхностное загрязнение β : α и β частиц на поверхности ториевых вольфрамовых электродов из-за радионуклидов.

Нерадиоактивные электроды: такие как цериевые вольфрамовые электроды, лантановые вольфрамовые электроды, альтернативные электроды, которые не содержат радиоактивных материалов.

Легирование: оксид тория или другие оксиды редкоземельных элементов добавляются в вольфрамовую матрицу для улучшения характеристик.

Каландрирование, шлифовка и полировка: процесс формовки ториевых вольфрамовых электродов и улучшения качества поверхности за счет механической обработки.

Радиоактивные отходы: отходы, содержащие оксид тория, сточные воды и твердые отходы, образующиеся в процессе производства.

В. Ссылки

- [1] ISO 6848:2015, Дуговая сварка и резка — Неплавящиеся вольфрамовые электроды — Классификация.
- [2] AWS A5.12/A5.12M:2009, Спецификация на вольфрамовые и оксидные дисперсные вольфрамовые электроды для дуговой сварки и резки.
- [3] GB/T 4187-2017, Вольфрамовые электроды для дуговой сварки вольфрама в среде инертного газа и плазменной сварки.
- [4] Miller Electric Mfg. Co., Рекомендации по выбору вольфрамовых электродов, 2020.
- [5] Справочник по сварке, том 2: Сварочные процессы, Американское общество сварки, 2010 г.
- [6] Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ), публикация 103, 2007.
- [7] Чжан, В., и др., «Достижения в материалах для вольфрамовых электродов для сварки TIG», Материаловедение и инженерия, 2018.
- [8] Европейская ассоциация сварки, Технический отчет о ториевых вольфрамовых электродах, 2015 г.
- [9] Ли, Х., и др., «Воздействие электродов на основе тория на окружающую среду и здоровье», Журнал промышленной экологии, 2020.
- [10] Ван Ю., «Разработка нерадиоактивных вольфрамовых электродов», Журнал сварки, 2022.
- [11] GB 18871-2002, Базовый стандарт защиты от ионизирующего излучения и безопасности источников ионизирующего излучения.
- [12] Чен, Л., «Методы порошковой металлургии для электродов на основе вольфрама», Журнал технологий обработки материалов, 2019.
- [13] Лю С., Методы радиоактивной защиты при производстве ториевых вольфрамовых электродов, China Welding Journal, 2021.
- [14] Справочник по оборудованию для порошковой металлургии, ASM International, 2017.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности