

Энциклопедия вольфрамовых электродов с церием

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

Copyright© 2025 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2025 version
www.ctia.com.cn

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

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 условиях промышленного интернета. CHINATUNGSTEN ONLINE, основана в 1997 году на [сайте www.chinatungsten.com](http://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 уникальные возможности своей компании в области проектирования и производства, превосходные услуги и глобальную деловую репутацию, став поставщиком комплексных прикладных решений в области химических веществ вольфрама, металлов вольфрама, сплавов, сплавов высокой плотности, молибдена и молибденовых сплавов.

За последние 30 лет CHINATUNGSTEN ONLINE создал более 200 многоязычных профессиональных веб-сайтов по вольфраму и молибдену, охватывающих более 20 языков, с более чем миллионом страниц новостей, цен и анализа рынка, названий с вольфрамом, молибденом и редкоземельными элементами. В 2013 году официальный аккаунт WeChat «CHINATUNGSTEN ONLINE» опубликовал более 40 000 единиц информации, обслуживал почти 100 000 подписчиков и ежедневно предоставлял бесплатную информацию сотням тысяч профессионалов отрасли по всему миру. Благодаря огромному количеству посещений веб-сайта и официального аккаунта, достигшего миллиарда раз, компания стала признанным глобальным и авторитетным информационным центром для вольфрамовой, молибденовой и редкоземельной отраслей, круглосуточно предоставляющим многоязычные новости, характеристики продукции, рыночные цены и услуги. по рыночным тенденциям .

Используя технологии и опыт CHINATUNGSTEN ONLINE, CTIA GROUP фокусируется на удовлетворении соответствующего спроса клиентов. При использовании искусственного интеллекта она совместно с клиентами разрабатывает и производит вольфрамовые и молибденовые изделия с учетом химического состава и физических закономерностей (такими, как размеры частиц, твердость, прочность, размеры и допуски). Она предлагает комплексные интегрированные услуги, начиная с 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 Ханнс и его команда в CTIA GROUP, о своем более чем 30-летнем опыте работы в отрасли, также писали 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, обладающий более чем 30-летним опытом работы с 1990-х годов в электронной коммерции и международной торговле вольфрамовыми и молибденовыми продуктами, 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. При обеспечении обеспечения профессиональной и качественной информационной отрасли команда CTIA GROUP постоянно пишет технические исследовательские работы, статьи и отраслевые отчеты, основанные на производственном применении и потребностях клиентов на рынке, завоёвывая широкомасштабные тенденции 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 информации. услугах .



Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Copyright© 2025 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2025 version
www.ctia.com.cn

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

CTIA GROUP LTD Cerium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Cerium Tungsten Electrode

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO_2). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

2. Features of Cerium Tungsten Electrode

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

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

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

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

3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode

Type	CeO_2 Content	Color Code	Density (g/cm^3)	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Cerium Tungsten Electrode

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

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

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

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

Каталог

Глава 1: Обзор цериевых вольфрамовых электродов

- 1.1 Определение и история цериевого вольфрамового электрода.
 - 1.1.1 Состав и основные понятия цер Химического вольфрамового электрода
 - 1.1.2 Открытие и разработка цериевых вольфрамовых электродов
 - 1.1.3 Предыстория цериевого вольфрамового электрода, заменяющего ториевый вольфрамовый электрод
- 1.2 Применение цериевого вольфрамового электрода в сварочной промышленности
 - 1.2.1 Сравнение цериевого вольфрамового электрода с другими вольфрамовыми электродами
 - 1.2.2 Обзор международного рынка и его развитие

Глава 2: Классификация цериевых вольфрамовых электродов

- 2.1 Классификация по содержанию оксида церия
 - 2.1.1 Характеристики и применение электродов на основе 2% оксида церия (WC20)
 - 2.1.2 Применение и применение других электродов с нестандартным содержанием
- 2.2 Классификация по типу тока
 - 2.2.1 Цериевый вольфрамовый электрод для сварки постоянным током (DCEN/DCEP)
 - 2.2.2 Цериевый вольфрамовый электрод для сварки переменным током
 - 2.2.3 Анализ характеристик электродов переменного и постоянного тока двойного назначения.
- 2.3 Классификация по форме и размеру
 - 2.3.1 Электрод Стержневой (стандартные характеристики длины и диаметра)
 - 2.3.2 Игольчатый электрод (для прецизионной сварки)
 - 2.3.3 Электроды специальной формы (специального назначения)
- 2.4 Классификация по области применения
 - 2.4.1 Сварочный электрод общего назначения
 - 2.4.2 Прецизионные сварочные электроды (микроэлектроника, медицинские приборы и т.д.)
 - 2.4.3 Электроды высокотемпературные сварочные с высоким включением
- 2.5 Стандарты классификации и идентификации
 - 2.5.1 Классификация и цветовые шкалы в международных стандартах (ISO 6848, AWS A5.12)
 - 2.5.2 Классификация и идентификация в национальных стандартах (GB/T 4192)
 - 2.5.3 Спецификации упаковки и маркировки электродов

Глава 3: Характеристики цериевых вольфрамовых электродов

- 3.1 Физические характеристики цериевых вольфрамовых электродов
 - 3.1.1 Температуры плавления и затвердевания цериевых вольфрамовых электродов
 - 3.1.2 Плотность и твердость цериевых вольфрамовых электродов
 - 3.1.3 Коэффициент теплового расширения и теплопроводности цериевых вольфрамовых электродов
- 3.2 Химические свойства цериевых вольфрамовых электродов
 - 3.2.1 Стабильность оксида церия Химия
 - 3.2.2 Коррозионная стойкость цериевых вольфрамовых электродов

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

- 3.2.3 Поведение церий-вольтовых химикатовых электродов в высокотемпературных средах
- 3.3 Электрические характеристики цериевых вольфрамовых электродов
 - 3.3.1 Работа по рассеянию электронов цериевого вольфрамового электрода
 - 3.3.2 Характеристики инициирования дуг и стабильности размеров дуг церий-вольфрамовых электродов
 - 3.3.3 Допустимая нагрузка на току цериевого вольфрамового электрода
- 3.4 Механические свойства цериевых вольфрамовых электродов
 - 3.4.1 Пластичность и хрупкость церий-вольфрамовых электродов
 - 3.4.2 Противозащитные характеристики цериево-вольфрамовых электродов
 - 3.4.3 Скорость прогорания электродов из цериевого вольфрама
- 3.5 Экологические и безопасные характеристики цериевых вольфрамовых электродов
 - 3.5.1 Нерadioактивное преимущество церий-вольфрамовых электродов
 - 3.5.2 Экологичность цериевых вольфрамовых электродов
 - 3.5.3 Оценка охраны здоровья и безопасности церий-вольфрамовых электродов
- 3.6 CTIA GROUP LTD Цериевый вольфрамовый электрод, паспорт безопасности материалов

Глава 4: Процесс подготовки и производства и технология цериевого вольфрамового электрода

- 4.1 Выбор источника и предварительная обработка цериевого вольфрамового электрода
 - 4.1.1 Требования к чистоте и размеру частиц вольфрамового порошка
 - 4.1.2 Контроль источника и качества оксида церия
 - 4.1.3 Выбор других приборов
- 4.2 Процесс порошковой металлургии с использованием церий-вольфрамового электрода
 - 4.2.1 Процесс проведения и легирования
 - 4.2.2 Технология прессования
 - 4.2.3 Процесс выпечки (высокотемпературное выпекание и контроль атмосферы)
- 4.3 Технология обработки цериевого вольфрамового электрода
 - 4.3.1 Процесс каландрирование и черчения
 - 4.3.2 Шлифовка, полировка и обработка поверхности.
 - 4.3.3 Резка и формовка
- 4.4 Контроль качества и оптимизация технологического процесса цериевых вольфрамовых электродов
 - 4.4.1 Контроль качества состава
 - 4.4.2 Анализ микроструктуры (SEM, XRD и т.д.)
 - 4.4.3 Оптимизация параметров технологического процесса
- 4.5 Передовая технология производства церий-вольфрамового электрода
 - 4.5.1 Технология нанолегирования
 - 4.5.2 Технология плазменного выпечки
 - 4.5.3 Интеллектуальное производство и автоматизация

Глава 5: Использование цериевых вольфрамовых электродов

- 5.1 Применение при сварке цериевых вольфрамовых электродов
 - 5.1.1 Сварка TIG

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

- 5.1.2 Плазменная дуговая сварка
- 5.1.3 Слаботочная сварка током (трубы, прецизионные компоненты и т. д.)
- 5.2 Применение цериевых вольфрамовых электродов без сварки
 - 5.2.1 Плазменная резка
 - 5.2.2 Сварка и наплавка
 - 5.2.3 Другие применения высокотемпературного разряда
- 5.3 Области применения цериевых вольфрамовых электродов
 - 5.3.1 Аэрокосмическая промышленность
 - 5.3.2 Автомобильное строительство
 - 5.3.3 Энергетика и химическая промышленность
 - 5.3.4 Производство медицинского оборудования
- 5.4 Особые случаи применения цериевых вольфрамовых электродов
 - 5.4.1 Сварка нержавеющей стали и титановых сплавов
 - 5.4.2 Пайка микроэлектронных компонентов
 - 5.4.3 Сварка высоковольтных кабелей проводов

Глава 6: Производственное оборудование для производства цериевых вольфрамовых электродов

- 6.1 Оборудование для обработки абразивом для цериевых вольфрамовых электродов
 - 6.1.1 Оборудование для измельчения и просеивания вольфрамового порошка
 - 6.1.2 Оборудование для очистки оксида церия
- 6.2 Оборудование для порошковой металлургии для цериевых вольфрамовых электродов
 - 6.2.1 Смесительная машина и легочное оборудование
 - 6.2.2 Гидравлический пресс и изостатическое прессовое оборудование
 - 6.2.3 Высокотемпературная печь для выпечки (вакуумная/атмосферная печь)
- 6.3 Технологическое оборудование для цериевых вольфрамовых электродов
 - 6.3.1 Каландровая и волочильная машина
 - 6.3.2 Прецизионные шлифовальные и полирующие станки
 - 6.3.3 Оборудование для резки и формовки
- 6.4 Оборудование для испытаний и контроля качества цериевых вольфрамовых электродов
 - 6.4.1 Состав анализаторов (ICP-MS, XRF и т.д.)
 - 6.4.2 Оборудование для обнаружения микроструктур (СЭМ, ПЭМ)
 - 6.4.3 Оборудование для тестирования производительности (тестер производительности инициации дуги)
- 6.5 Автоматизация и интеллектуальное оборудование для цериевых вольфрамовых электродов
 - 6.5.1 Промышленные роботы и автоматизированные производственные линии
 - 6.5.2 Система онлайн-мониторинга и сбора данных

Глава 7: Отечественные и международные стандарты на цериевые и вольфрамовые электроды

- 7.1 Международный стандарт на цериевые вольфрамовые электроды
 - 7.1.1 ISO 6848: Классификация и требования к вольфрамовым электродам.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

- 7.1.2 AWS A5.12: Технические характеристики вольфрамовых электродов
- 7.1.3 EN 26848: Европейский стандарт на вольфрамовые электроды.
- 7.2 Отечественные стандарты на цериево-вольфрамовые электроды.
- 7.2.1 GB/T 4192: Технические условия вольфрамовых электродов.
- 7.2.2 JB/T 12706: Стандарт вольфрамовых электродов для сварки.
- 7.2.3 Другие соответствующие отраслевые стандарты
- 7.3 Стандартное сравнение и интерпретация цериевых вольфрамовых электродов
- 7.3.1 Сходства и различия между отечественными и зарубежными стандартами
- 7.3.2 Руководящее значение стандарта для производства и применения
- 7.4 Обновление стандартов и развитие цериевых вольфрамовых электродов
- 7.4.1 Проверка новых технологий по стандартам
- 7.4.2 Изменения в требованиях охраны окружающей среды и безопасности

Глава 8: Обнаружение цериевых вольфрамовых электродов

- 8.1 Определение химического состава цериевых вольфрамовых электродов
 - 8.1.1 Анализ содержания оксида церия
 - 8.1.2 Обнаружение помещения
 - 8.1.3 Оценка оценок
- 8.2 Физические свойства цериевых вольфрамовых электродов
 - 8.2.1 Испытание на свечение и твердость
 - 8.2.2 Контроль точности размеров и качества поверхности
 - 8.2.3 Испытания на тепловые характеристики
- 8.3 Определение электрических свойств цериевого вольфрамового электрода
 - 8.3.1 Измерение мощности убегания электронов
 - 8.3.2 Испытания по инициированию дуги и характеристик размера дуги
 - 8.3.3 Проверка уровня выгорания
- 8.4 Определение микроструктуры цериевого вольфрамового электрода
 - 8.4.1 Анализ размера и распределения зерен
 - 8.4.2 Проверка распределения распределения оксидов
 - 8.4.3 Обнаружение дефектов (трещин, пор и т.д.)
- 8.5 Испытания цериевых вольфрамовых электродов для окружающей среды и безопасности
 - 8.5.1 Обнаружение радиоактивности
 - 8.5.2 Оценка воздействия на окружающую среду
 - 8.5.3 Испытания по охране труда и технической безопасности
- 8.6 Испытательное оборудование и технология цериевых вольфрамовых электродов
 - 8.6.1 Введение в тестирование общих инструментов
 - 8.6.2 Новые технологии обнаружения (обнаружение с помощью ИИ и т.д.)

Глава 9: Распространенные проблемы и решения для пользователей цериевых вольфрамовых электродов

- 9.1 Возможные причины дуговой нестабильности цериевых вольфрамовых электродов
 - 9.1.1 Неправильная форма наконечника электрода
 - 9.1.2 Текущие настройки не соответствуют требованиям

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

- 9.1.3 Проблемы с расходом или чистотой защитного газа
- 9.1.4 Загрязнение или окисление электродов
- 9.2 Что делать, если наконечник цериевого вольфрамового электрода сторае слишком быстро?
- 9.2.1 Проверка текущего типа и полярности
- 9.2.2 Оптимизация угла заточки наконечника
- 9.2.3 Регулировка типа и расхода защитного газа
- 9.2.4 Использование электродов с повышенным напряжением церия
- 9.3 Как правильно выбрать содержание церия?
- 9.3.1 Выбор в зависимости от материала сварки (нержавеющая сталь, алюминий и т.д.)
- 9.3.2 Выбор в соответствии с типом и силой тока
- 9.3.3 Уточните условия сварки и соответствие оборудования
- 9.3.4 Баланс между стоимостью и производительностью
- 9.4 Меры противодействия трудности дугового разряда цериевых вольфрамовых электродов
- 9.4.1 Проверка чистоты поверхности электрода
- 9.4.2 Оптимизация зонда
- 9.4.3 Регулировка параметров сварочного оборудования (высокочастотное зажигание дуги и т.д.)
- 9.4.4 Замените электрод или проверьте стабильность блока питания.
- 9.5 Анализ проблем смешанного использования цериевой вольфрамы и лантанового вольфрама
- 9.5.1 Эффекты микширования
- 9.5.2 Проблемы с нестабильностью дуги, которые могут быть вызваны вращением
- 9.5.3 Рекомендации по идентификации и управлению при включении
- 9.5.4 Рекомендуемый выбор электродов и альтернатив

Глава 10: Будущие тенденции развития цериевых вольфрамовых электродов

- 10.1 Технологические инновации цериевых вольфрамовых электродов
- 10.1.1 Новые легированные материалы и процессы
- 10.1.2 Интеллектуальное и экологически чистое производство
- 10.1.3 Исследование и разработка высокоэффективных электродов
- 10.2 Расширение применения цериевых вольфрамовых электродов
- 10.2.1 Спрос со стороны контейнеров (новая энергетика, полупроводники и другие)
- 10.2.2 Технология микросварки и сверхточной сварки
- 10.3 Рынок и политика в области цериевых вольфрамовых электродов
- 10.3.1 Прогноз развития мирового рынка
- 10.3.2 Анализ политики в области охраны окружающей среды в промышленности
- 10.3.3 Тенденции в международной торговле и поставки цепочек

Приложение

- A. Глоссарий
- B. Ссылки

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Copyright© 2025 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2025 version
www.ctia.com.cn

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

Глава 1 Обзор цериевых вольфрамовых электродов

1.1 Определение и история цериевого вольфрамового электрода.

1.1.1 Состав и основные понятия цер Химически-вольфрамового электрода

Цериевый вольфрамовый электрод — это материал электродов, специально изготовленный в вольфрамовой сварке в среде инертного газа, в среде защитного газа (сварка TIG) и других сварочных процессах, а его основным компонентом является небольшое количество оксида церия (CeO_2), легированной вольфрамовой (W) матрицей. Благодаря переходному металлу с высокой температурой плавления (3422°C) и высокой плотностью ($19,25 \text{ г/см}^3$), вольфрам является надежным выбором для электродных материалов благодаря своей превосходной термостойкости и проводимости. Однако чистые вольфрамовые электроды имеют такие проблемы, как неисправности дуги зажигания, недостаточная стабильность дугового столба и высокая скорость выгорания во время сварки. Чтобы улучшить эти свойства, ученые оптимизируют работу по убеганию электронов, добавляя оксиды редкоземельных элементов в вольфрамовую матрицу, тем самым максимально улучшая производительность сварки. Церий-вольфрамовые электроды обычно содержат 2–4% оксида церия, что, как было доказано в практическом применении, значительно повышает производительность инициирования дуги, стабильности динамиков и подключения электродов.

Поскольку оксидом редкоземельных элементов, оксид церия имеет низкую работу по убеганию электронов (около 2,5 эВ по сравнению с 4,5 эВ для чистой вольфрама), это означает, что электроны с большей вероятностью убегают от поверхности электрода, снижая напряжение, необходимое для дугового разряда, и улучшая стабильность дуги. С точки зрения химического состава, допустимое соотношение цериевых вольфрамовых электродов составляет 96% 98%, оксид церия составляет 2% и 4%, и могут сохраняться последующие количества других примесей (таких как железо, кремний и т. д.), которые обычно измеряются на крайне низких уровнях с помощью процессов производства высокой чистоты для обеспечения стабильности работы электродов. В процессе производства цериевых вольфрамовых электродов обычно используется технология порошковой металлургии, при которой порошковый оксид церия колеблется с порошком вольфрама для формирования электродных стержней диаметром от 0,25 мм до 6,4 мм и длиной от 75 мм до 600 мм путем прессования, спекания и обработки под давлением. Общие спецификации включают диаметры 1,0 мм, 1,6 мм, 2,4 мм и 3,2 мм, которые могут способствовать различным видам сварки.

Также стоит обратить внимание на физические свойства церий-вольфрамовых электродов. Его близость к чистой вольфрамовой плотности, около $19,2 \text{ г/см}^3$, поверхность обычно серовато-белая или металлическая. Благодаря добавлению оксида церия электрод обеспечивает устойчивость к выгоранию при высоких температурах, особенно при сварке током с низким током, что позволяет сохранить стабильность наконечника электрода и снизить потери электрода, вызванные высокотемпературной абляцией. Кроме того, цериевые вольфрамовые электроды не содержат радиоактивных материалов, что делает их зеленым и экологически чистым электродным воздействием, широко используемым в промышленных

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

процессах с серьезными воздействиями на здоровье и окружающую среду.

С микроскопической точки зрения распределение оксида церия в вольфрамовой матрице оказывает существенное влияние на производительность электрода. Частицы оксида церия обычно распределяются по границам вольфрамового зерна в микронном состоянии, что может эффективно замедлять температурную рекристаллизацию вольфрама, тем самым улучшая сопротивление ползучести и механическую прочность электрода. В процессе сварки частицы оксида церия также могут создавать термоэмиссионные воздействия, что еще больше повышает стабильность дуги. По сравнению с другими легированными электродами (например, ториевыми вольфрамовыми электродами), цериевые вольфрамовые электроды обладают превосходными дугообразными свойствами в условиях низкого тока, что делает их постоянным упором для сварки подвижных труб и тонкой сварки деталей.

Основная концепция церий-вольфрамовых электродов также включает в себя их связь в различных условиях сварки. При прямой сварке током (DCSP) цериево-вольфрамовые электроды обеспечивают стабильное закручивание дуг при более низких токах, что делает их пригодными для сварки таких материалов, как углеродистая сталь, нержавеющая сталь и титановые сплавы. При сварке переменным током (AC), несмотря на то, что ее производительность немного уступает ториевым вольфрамовым электродам, результаты сварки все же могут быть достигнуты за счет оптимизации параметров сварки, таких как размер тока и форма наконечника электрода. Геометрия наконечника электрода также влияет на производительность сварки. При сварке контура током наконечника электрода обычно необходимо отшлифовать под углом конуса $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ для проведения изоляции дуги; При сварке переменным током наконечник электрода образует полусферическую форму, которая помогает рассеивать дугу и подходит для сварки легких материалов, таких как алюминий и магний.

1.1.2 Открытие и разработка цериевых вольфрамовых электродов

Открытие и разработка церий-вольфрамовых электродов повлияли на эволюцию вольфрамовых электродов в сварочной промышленности. Исследования вольфрамовых электродов начались в начале 20-го века, когда постепенно появилась технология сварки TIG, и в качестве материала электродов был выбран вольфрам из-за его высокой температуры плавления и устойчивости к высоким температурам. Тем не менее, чистые вольфрамовые электроды имеют проблемы с инициацией дуги и нестабильностью дуги в практическом применении, что побудило изучить возможность улучшить их характеристики путем легирования оксидами редкоземельных элементов. Ранние вольфрамовые электроды были в основном ториевыми вольфрамовыми электродами, которые широко использовались с 50-х по 80-е годы 20-го века из-за их превосходных сварочных свойств. Однако торий (Th) является радиоактивным элементом, а его оксид тория (ThO_2) имеет тенденцию к последующему количеству радиации (доза облучения составляет около $3,60 \times 10^5$ Кюри/кг) при изготовлении и использовании электродов, что создает потенциальную опасность для здоровья человека и окружающей среды. Эта проблема заключается в проведении исследований и разработке нерадиоактивных электродных материалов, а в этом веке

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

появились церий-вольфрамовые электроды.

Исследования и разработки цериевых вольфрамовых электродов в 80-х годах 20 века и первоначально были предложены научно-исследовательскими институтами сварочных материалов в Европе и США. Исследователи обнаружили, что оксид церия, как и нерадиоактивный оксид редкоземельных элементов, может значительно ухудшить работу вольфрамовых электродов при утечке электронов, тем самым значительно улучшая характеристики дугового разряда. В середине 1980-х годов на рынке появилась первая партия цериевых вольфрамовых электродов, содержащих 2% ~ 4% оксида церия, и в первые дни они в основном использовались в экспериментах по сварке током. По сравнению с ториевыми вольфрамовыми электродами, цериевые вольфрамовые электроды обладают лучшим качеством дугового разряда в условиях низкого тока и отсутствия облучения, что быстро привлекает внимание сварочной промышленности.

К 1990-м годам, с широким внедрением технологий сварки TIG и плазменно-дуговой сварки, развитие цериевого вольфрамового электрода началось в стадии быстрого развития. Совершенствование производственного процесса сделало передачу оксида церия в вольфрамовой матрице более равномерным, а стабильность работы электрода значительно ограничена. Например, оптимизируя процесс порошковой металлургии, производители могут точно контролировать содержание оксида церия и размер частиц, тем самым максимально повышая расход и качество сварочных электродов. Кроме того, церий-вольфрамовые электроды сравнительно недороги в производстве, что дает им конкурентное преимущество с точки зрения экономики. В конце 1990-х годов цериевые вольфрамовые электроды начали заменять ториевые вольфрамовые электроды, особенно в регионах с постоянными требованиями защиты окружающей среды и безопасности, таких как Европа и Северная Америка.

В 21 веке сфера применения цериевых вольфрамовых электродов еще больше расширилась. Несмотря на то, что страны с прочными богатствами вольфрамы в мире (на их долю приходится более 60% мировых запасов вольфрамы), Китай играет решающую роль в исследованиях, разработках и производстве цериевых вольфрамовых электродов. В начале 2000-х годов Китайская ассоциация вольфрамовой промышленности и связанное с ней предприятие сформулировали национальный стандарт «Вольфрамовые электроды для дуговой сварки и плазменной сварки и резки» (GB/T 31908-2015), который стандартизировал производство и контроль качества цериевых вольфрамовых электродов. С 2005 года производство цериевых вольфрамовых электродов в Китае значительно увеличилось, достигнув 1200 тонн в 2009 году, что составляет около 75% мирового производства вольфрамовых электродов. В этот период цериевые вольфрамовые электроды стали широко применяться при сварке железнодорожных трубопроводов, производстве компонентов аэрокосмической техники и прецизионной инструментальной сварки.

В последние годы, благодаря концепции «зеленого» производства и развитию, цериевые вольфрамовые электроды еще больше укрепили позиции на рынке благодаря отсутствию

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

радиации и низкому климату в окружающей среде. Крупные производители сварочного оборудования по всему миру начали использовать цериевые вольфрамовые электроды в качестве альтернативы ториевым вольфрамовым электродам. В то же время внедрение новых производственных технологий (таких как наноразмерное легирование оксидом церия) еще больше ограничивает характеристики цериевых вольфрамовых электродов, что сделало их более широко используемыми в высокоточной сварке и аппаратном сварочном оборудовании.

1.1.3 Предыстория цериевого вольфрамового электрода, заменяющего ториевый вольфрамовый электрод

В качестве основного электродного материала в сварочной промышленности в 20 веке ториевый вольфрамовый электрод широко использовался благодаря своим превосходным сварочным характеристикам. Ториевый вольфрамовый электрод значительно снижает работу убегания электронов (около 2,7 эВ) за счет легирования вольфрамовой матрицы 2% ~ 3% оксида тория (ThO_2), что делает его хорошо работающим как при постоянной, так и при переменной сварке. Тем не менее, радиоактивность постепенно стала основной проблемой для его применения. Оксидия предлагает следующие количества при шлифовке электродов, сварке и утилизации, и, несмотря на низкую дозу облучения (около $3,60 \times 10^5$ кюри/кг), воздействие может привести к угрозе для здоровья сварщиков, что повышает риск развития инициативы. Кроме того, утилизация отходов вольфрамовых электродов требует специальных мер (таких как глубокие захоронения или герметичное хранение), что увеличивает затраты на использование и нагрузку на окружающую среду.

В 1970-е годы международное сообщество регулировало радиоактивные материалы все строго. Например, Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ) издала строгие рекомендации по профессиональному радиационному облучению, которые подталкивают сварочное производство к поиску нерадиоактивных альтернатив. Церий-вольфрамовые электроды являются одной из наиболее желательных альтернатив благодаря своим безрадиационным свойствам, таким образом, дуговым свойствам и низкой скорости выгорания. По сравнению с ториевыми вольфрамовыми электродами, цериевые вольфрамовые электроды имеют более низкое пусковое напряжение дуги и более высокую температуру тока при прямой сварке с током, что особенно подходит для слаботочной сварки. Кроме того, процесс производства цериевого вольфрамового электрода относительно прост и стоимость ниже, что еще больше затрудняет его продвижение.

Процесс замены ториевых вольфрамовых электродов неактуален в одночасье. В 1990-е годы ториевые вольфрамовые электроды все еще применялись у многих традиционных сварщиков и предприятий благодаря их устойчивости и простоте работы при высоких токах нагрузки. Особенно в нынешних странах использование ториевых вольфрамовых электродов широко распространено из-за недостаточного понимания радиационной опасности. Однако с улучшением экологических норм и развитием технологий сварки цериевые вольфрамовые электроды постепенно становились более продвинутыми в развитии рынка. В начале 2000-х годов Европейское общество сварщиков и Американское общество сварщиков (AWS) подписали руководство, рекомендуемое использовать церий-вольфрамовые и лантан-

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

вольфрамовые электроды в качестве альтернативы ториево-вольфрамовым электродам. Китай также значительно увеличил долю цериевых вольфрамовых электродов в производстве вольфрамовых электродов после 2005 года.

Предпосылки замены также влияют на глобальные распределения вольфрамовых ресурсов и рыночный спрос. Являясь крупнейшим в мире производителем вольфрама, Китай владеет богатыми ресурсами церия (запасы редкоземельных элементов составляют более 30% в мире), создавая исходную основу для широкомасштабного производства цериевых вольфрамовых электродов. В отличие от этого, ресурсная база ограничена, затраты на строительство и переработку высоки, что еще больше повышает рыночную конкурентоспособность цериевых вольфрамовых электродов.

1.2 Место цериевого вольфрамового электрода в сварочной промышленности

1.2.1 Сравнение цериевого вольфрамового электрода с другими вольфрамовыми электродами

Предложение цериевых вольфрамовых электродов в сварочной промышленности связано с их различиями в характеристиках с другими типами вольфрамовых электродов, такими как ториевый вольфрам, лантановый вольфрам, циркониевый вольфрам, иттриевый вольфрам и чистые вольфрамовые электроды. Ниже приведено подробное сравнение цериевых вольфрамовых электродов с другими электродами различных размеров:

Характеристики инициирования дуги: Цериевые вольфрамовые электроды обладают лучшими свойствами инициирования дуги при слабой сварке током, при этом напряжении инициирования дуги ниже, чем у чистых вольфрамовых электродов и ториевых вольфрамовых электродов. Это связано с низким уровнем воздействия электронов оксида церия, что способствует удалению электронов с поверхности электрода. В отличие от них, ториевые вольфрамовые электроды обеспечивают более стабильную работу дугового разряда при высоких токах, но проблемы с электромагнитным ограничением их применения. Характеристики дугового электрода лантанового вольфрама (содержащего 1,5% ~ 2% оксида лантана) аналогичны характеристикам цериевого вольфрамового электрода, но немного уступают при сварке переменным током. Циркониевые вольфрамовые электроды и чистые вольфрамовые электроды, предназначенные для сварки переменным током и имеющие плохие характеристики дугового разряда.

Стабильность дуги: цериевые вольфрамовые электроды могут поддерживать стабильную дугу при прямой сварке постоянным током, особенно в условиях низкого тока (10 ~ 50 A), с зависимостью дрожания дуги, что подходит для прецизионной сварки. Ториевый вольфрамовый электрод обладает лучшей стабильностью дуги при высоких токах (>100 A), но скорость его выгорания выше. Лантановые вольфрамовые электроды обеспечивают хорошую стабильность дуги как при сварке током, так и при сварке переменным током, а их подключение выше, чем у цериевых вольфрамовых электродов. Циркониевый вольфрамовый электрод устойчив к дуге при сварке переменным током и подходит для сварки алюминиевых и магниевых сплавов, но не для сварки постоянным током.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Скорость выгорания: скорость выгорания цериевых вольфрамовых электродов ниже, чем у ториевых вольфрамовых электродов при сварке постоянным током, срок службы электродов больше. При сварке переменным током скорость выгорания цериевого вольфрамового электрода немного выше, чем у ториевого вольфрамового электрода, но ее можно эффективно контролировать, оптимизируя параметры сварки. Лантановые вольфрамовые электроды имеют низкую скорость выгорания, особенно в условиях высокого тока. Высокая скорость выгорания чистого вольфрамового электрода и циркониевого вольфрамового электрода ограничивает их применение в цепях с переменными нагрузками.

Применяемые материалы: Цериевые вольфрамовые электроды, предназначенные для сварки током углеродистой стали, нержавеющей стали, титановых сплавов и никелевых сплавов, особенно в железнодорожных трубах и сварке тонких пластин. Ториевые вольфрамовые электроды идеально подходят для этих материалов, но более выгодны при высоких нагрузках. Лантановые вольфрамовые электроды идеально подходят для сварки как постоянным, так и переменным током, что делает их пригодными для работы с материалами с широким диапазоном излучений. Циркониевые вольфрамовые электроды и чистые вольфрамовые электроды, используемые для сварки, подвергаются воздействию магния и их сплавов переменным током. Иттриевые вольфрамовые электроды применяют для качественной сварки в военной и аэрокосмической областях из-за их низкой глубины проплавления.

Окружающая среда и безопасность: Цериевые вольфрамовые электроды и лантановые вольфрамовые электроды имеют значительные преимущества благодаря своей нерадиоактивной природе и, как следствие, зеленым и экологически чистым материалам. Ториевые вольфрамовые электроды требуют тщательной обработки (например, закрытого хранения и пыленепроницаемой шлифовки) из-за проблем с излучением, что увеличивает стоимость эксплуатации. Циркониевые вольфрамовые электроды и чистые вольфрамовые электроды не создают проблем с излучением, но их эксплуатационные ограничения ограничивают область их применения.

Стоимость и доступность: Стоимость производства цериевых вольфрамовых электродов ниже, чем у ториевых вольфрамовых электродов, а цериевые ресурсы в изобилии, предложение на рынке стабильно. Лантановые вольфрамовые электроды стоят немного выше, чем цериевые вольфрамовые электроды, но их превосходные свойства позволяют им занять место на рынке высокого класса. Стоимость вольфрамовых электродов постепенно увеличивается из-за нехватки ресурсов и требований по защите окружающей среды. Циркониевые вольфрамовые электроды и чистые вольфрамовые электроды имеют более низкую стоимость, но ограниченные возможности применения.

В знаменитом тесте 1998 года сравнивались характеристики 2% ториевых вольфрамовых электродов, 2% цериевых вольфрамовых электродов и 1,5% лантановых вольфрамовых электродов при сварке 70 А и 150 А постоянного тока. Результаты показали, что характеристики дугового разряда и скорость выгорания церий-вольфрамовых электродов были лучше, чем у ториев-вольфрамовых электродов при низких токах, в то время как

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

лантановые вольфрамовые электроды хорошо работали в условиях обоих токов. Этот тест важен для популяризации цериевых вольфрамовых электродов.

1.2.2 Обзор международного рынка и его развитие

Цериевые вольфрамовые электроды все больше укрепляют свои позиции на мировом рынке сварки, а их рыночный спрос тесно связан с активной сваркой TIG и плазменно-дуговой сваркой. Объем мирового рынка вольфрамовых электродов неуклонно рос в течение ударного напряжения, при этом общее потребление составило около 1 600 тонн в 2020 году, из которых цериевые вольфрамовые электроды составляют около 30% ~ 40% доли рынка. Являясь крупнейшим в мире производителем вольфрамовых электродов, на долю Китая приходится более 75% мирового годового производства, производство и экспорт цериевых вольфрамовых электродов продолжают расти. В 2009 году производство вольфрамовых электродов в Китае достигло 1200 тонн, причем доминировали цериевые вольфрамовые электроды.

Драйверы рынка:

Экологический спрос: Глобальный спрос на экологически чистое производство и материалы, не содержащие радиации, привел к росту популярности цериевых вольфрамовых устройств. Строгие экологические нормы в европейских и американских странах (например, директива ЕС RoHS) ограничивают использование ториевых вольфрамовых электродов, и цериевые вольфрамовые электроды стали основной альтернативой.

Технологические достижения: Развитие автоматизированного сварочного оборудования и методов прецизионной сварки увеличило спрос на высокопроизводительные электроды. Превосходные характеристики цериевых вольфрамовых электродов при сварке орбитальных трубопроводов и роботизированной сварке позволяют увеличить свою долю на рынке.

Ценовое преимущество: себестоимость производства цериевых вольфрамовых электродов ниже, чем у ториевых вольфрамовых электродов, а обильные ресурсы церия в Китае снижают затраты на сырье, что делает их более конкурентоспособными по отношению к ценовым рынкам, таким как Юго-Восточная Азия и Южная Америка.

Расширенное промышленное применение: Цериевые вольфрамовые электроды обычно используются в аэрокосмической, автомобильной, нефтехимической и судостроительной промышленности. Например, в аэрокосмической области цериевые вольфрамовые электроды, используемые для прецизионной сварки титановых и никелевых сплавов; В нефтехимической отрасли предпочтение отдается низким потерям при горении и высокой стабильности при сварке трубопроводов.

Анализ регионального рынка:

Китай: Являясь мировым центром производства и потребления вольфрамовых электродов, производство цериевых вольфрамовых электродов в Китае быстро выросло с 2005 года. Зависимость отечественного рынка от ториевых вольфрамовых электродов постепенно снижалась, и цериевые вольфрамовые электроды стали мейнстримом.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Северная Америка: Вопрос о цериево-вольфрамовых электродах на сварочном рынке США неуклонно растет, в основном для сварки нержавеющей стали и титановых сплавов. Такие компании, как Lincoln Electric, активно продвигают церий-вольфрамовые электроды в соответствии с экологическими требованиями.

Европа: Европейская ассоциация сварщиков пользуется высшим признанием цериевых вольфрамовых электродов, особенно в таких производственных компаниях, как Германия и Швеция, где цериевые вольфрамовые электроды широко используются в автомобильной и авиационной промышленности.

Азиатско-Тихоокеанский регион (за исключением Китая): рынок сварки в Индии, Южной Корее и Японии быстро растет, а церий-вольфрамовые электроды предпочитают малые и средние предприятия из-за своей низкой стоимости и высокой производительности.

Другие регионы: Нефтегазовая промышленность в Южной Америке и на Востоке продолжает повышать спрос на цериево-вольфрамовые электроды, особенно при сварке трубопроводов.

Направление развития:

Применение нанотехнологий: размещение наноразмерных частиц оксида церия в вольфрамовой матрице дополнительно оптимизирует работу электрода, что приводит к уменьшению напряжения дуги и увеличению срока службы.

Интеллектуальное производство: С развитием Индустрии 4.0 в процессе производства цериевых вольфрамовых электродов постепенно внедряется интеллектуальное оборудование для Диптихов и автоматизации, улучшающее качество и стабильность продукции.

Различные области применения: Применение цериевых вольфрамовых электродов регулируется от традиционной сварки TIG до плазменной резки, напыления и плавления, с рыночным потенциалом.

Повышение экологических стандартов: глобальные ограничения на использование радиоактивных материалов еще больше увеличат долю рынка цериевых вольфрамовых электродов, на долю которых, как следует, к 2030 году будет приходиться более 50% мирового рынка.

Вызов:

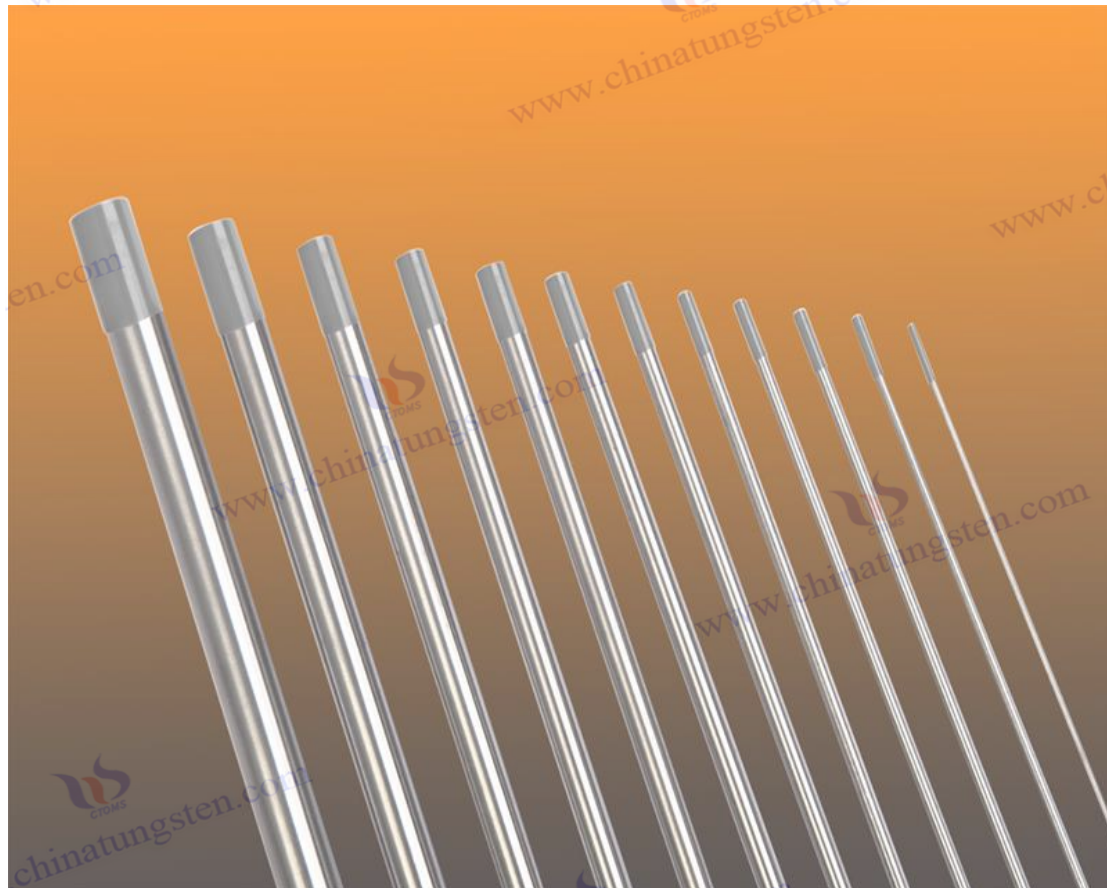
Некоторая осведомленность о рынке: В условиях США сварщики недостаточно осведомлены о радиационной опасности ториевых вольфрамовых электродов, что приводит к более медленному продвижению цериевых вольфрамовых электродов.

Технические барьеры: Высокотехнологичные сварочные работы (например, аэрокосмическая промышленность) требуют чрезвычайно высокой производительности электродов и, что

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

необходимо, в дальнейшей оптимизации под эти требования.

Конкурентное давление: Вольфрамовые электроды из лантана представляют собой особую конкуренцию цериевым вольфрамовым электродам благодаря их различным характеристикам в условиях высоких токов, особенно на европейском рынке.



Глава 2 Классификация цериевых вольфрамовых электродов

2.1 Классификация по содержанию оксида церия

2.1.1 Характеристики и применение электродов на основе 2% оксида церия (WC20).

2% электрод из оксида церия (международный стандартный код WC20) в настоящее время является наиболее распространенным и широко используемым типом цериевого вольфрамового электрода, а его химический состав обычно состоит из 98% вольфрама (W) и 2% оксида церия (CeO_2), дополненных последовательными примесями (такими как железо, кремний, алюминий и т.д., содержание рассматривается ниже). 0,01%). Коэффициент легирования оксида церия давно доказан на примере и считается общепринятым выбором для баланса производительности и стоимости. Электроды WC20 доминируют в мировой сварочной промышленности благодаря своим превосходным свойствам дуги, низкой скорости сгорания и нерадиоактивным свойствам.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Характеристика

Характеристики дугового разряда: Работа электрода WC20 при утечке электронов составляет примерно 2,5 эВ, что намного ниже, чем 4,5 эВ чистых вольфрамовых электродов, что позволяет ему быстро закручивать дугу при более низких напряжениях при проточной сварке постоянным током (DCEN) с низким током (1050 А). Эксперименты показывают, что пусковое напряжение дуги электрода WC20 примерно на 15% и 20% ниже, чем у чистого вольфрамового электрода, а время зажигания дуги сокращается менее чем на 0,1 секунды, что значительно повышает эффективность сварки.

Стабильность дуги: Частицы оксида церия распределяются по границам зерен-вольфрамовой матрицы, повышая термоэмиссионную способность поверхности электрода. При сварке токовая скорость дрожания дуги электрода WC20 составляет менее 5%, что лучше, чем у торьевого вольфрамового электрода (WT20, около 8%). Это делает его особенно подходящим для того, чтобы наблюдаться прецизионные сварки, требующие стабильной дуги, такие как сварка труб из нержавеющей стали и титановых деталей.

Скорость выгорания: Электрод WC20 приводит к очень низкой скорости выгорания при низких и средних токах (10150 А), наконечник электрода сохраняет исходный угол конуса (30°/60°) после 8 часов непрерывной сварки. В отличие от них, ториевые вольфрамовые электроды имеют скорость выгорания примерно на 20% выше в тех же условиях, что продлевает срок службы электродов WC20, снижая скорость замены и затраты.

Экологичность: электрод WC20 не содержит радиоактивных материалов и соответствует строгим требованиям директив ЕС RoHS и стандарта США OSHA по безопасности труда. По сравнению с ториевым вольфрамовым электродом (WT20), WC20 не требует специальных мер защиты при производстве, измельчении и утилизации, уменьшении загрязнения окружающей среды и рисков для здоровья.

Механические свойства: Сопротивление ползучести электрода WC20 лучше, чем в чистом вольфрамовом электроде, благодаря измельчению зерен вольфрама частицами оксида церия. Его прочность на разрыв составляет около 2500 МПа, вязкость разрушения - около 1,2 МПа·м^{1/2}, что позволяет выдерживать термические и механические нагрузки при высокотемпературной сварке.

Сценарии применения

Электрод WC20 широко используется в следующих случаях области :

Сварка углеродистой и нержавеющей стали: В строительстве, строительных мостах и трубопроводах датчик высокого давления WC20 используется для сварки TIG углеродистой и нержавеющей стали. Его слабые характеристики дугового разряда предназначены для сварки тонких пластин (толщиной < 2 мм) во избежание прогорания.

Сварка титановых и никелевых сплавов: В аэрокосмической промышленности электроды WC20 используются для прецизионной сварки титановых сплавов (таких как Ti-6Al-4V) и

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

никелевых сплавов (таких как Inconel 718) для соблюдения высоких требований к стойкости к коррозии и стойкости.

Сварка орбитальных трубопроводов: В нефтегазовой промышленности электрод WC20 широко используется для автоматической сварки трубопроводов на большом расстоянии благодаря своей стабильной дуге и низкой скорости выгорания.

Судостроение: электрод WC20 подходит для сварки высокопрочных сталей для морского применения, а его низкие свойства демонстрируют пористость и трещины в сварном шве.

Производство и контроль качества

Электрод WC20 изготавливается с использованием технологии порошковой металлургии, в том числе на этих этапах :

Соотношение ингредиента: порошок вольфрама высокой чистоты (чистота $\geq 99,95\%$) и порошок оксида церия (чистота $\geq 99,9\%$) смешиваются в соотношении 98:2.

Прессование формования: Смешанный порошок прессуется обычно методом холодного изостатического прессования (CIP) под давлением 200 ~ 300 МПа.

Спекание: спекание при температуре 2000 ~ 2200 °C в атмосфере водородной защиты для равномерного распределения частиц оксида церия в вольфрамовой матрице.

Волочение и отделка: Электродные стержни стандартного диаметра (1,06,4 мм) и длины (75600 мм) производятся методом горячего волочения и шлифования.

Что касается качества контроля, то соблюдаются стандарты (такие как ISO 6848), требующие, чтобы отклонение содержания оксида церия в электродах WC20 контролировалось на уровне $\pm 0,1\%$, а на поверхности не должно быть трещин, шлаковых включений и других дефектов. Отечественные компании используют рентгенофлуоресцентную спектроскопию (РФА) и сканирующую электронную микроскопию (СЭМ) для определения состава и микроструктуры электродов для обеспечения стабильной производительности.

Краткое описание преимуществ и недостатков

Заслуга:

Отличные характеристики дугового разряда при низких токах.
Стабилизированная дуга, подходит для прецизионной сварки.
Нерadioактивен и соответствует экологическим требованиям.
Себестоимость производства защищена, конкурентный рынок.

Недостаток:

При сильноточной (>200 А) сварке переменным током напряжения дуги немного уступает ториевым вольфрамовым электродам.

Наконечник электрода может вызвать небольшую эрозию после длительного использования

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

в условиях высокой температуры.

2.1.2 Применение и применение других электродов с нестандартным изменением

В дополнение к электродам WC2 с 20% оксида церия, на рынке также представлены некоторые нестандартные цериевые вольфрамовые электроды, такие как 1%, 3% и 4% оксида церия. Эти электроды часто производятся для таких случаев, чтобы обеспечить дополнительные преимущества при сварке или настройке свойств режима.

1% электрод из оксида церия

Электрод из оксида церия 1% (ныне известный как WC10) содержит около 1% CeO_2 и около 99% вольфрама. Его удивительными особенностями являются:

Оптимизация низкого тока: Из-за более низкого содержания оксида церия работа удержания электронов немного выше, чем у WC20 (около 2,7 эВ), но все же лучше, чем у чистых вольфрамовых электродов. Он подходит для пайки со сверхнизким током (5 ~ 30 А), например, для сварки микроэлектронных устройств и медицинских приборов.

Высокая температура: Скорость выгорания крайне ограничена, срок службы электродов примерно на 10–15 % больше, чем в WC20, что соответствует длительной непрерывной сварке.

Применение: В основном используется для сварки, упаковки чипов в полупроводниковой промышленности и сварки имплантатов из титанового сплава в медицинской сфере. Например, электроды с 1% оксидом церия демонстрируют превосходное управление дугой при сварке корпусов кардиостимуляторов.

Электрод из оксида церия 3% ~ 4%

Электроды из оксида церия 3% ~ 4% (такие как WC30, WC40) содержат более высокую долю оксида церия, которая предназначена для длительного снижения пускового напряжения дуги и улучшения стабильности дуги. Особенности включения в себя:

Сверхнизкое пусковое напряжение дуги: Мощность удержания электронов может составлять всего 2,3 эВ, пусковое напряжение дуги примерно на 5% ниже, чем у WC20, что делает его подходящим для импульсного сварочного оборудования, требующего постоянного дугового разряда.

Высокая адаптивность к току: при сварке напряжением ток 100 ~ 200 А стабильность дуги лучше, чем у WC20, близкой к ториевому вольфрамовому электроду.

Применение: Широко используется при сварке толстолистового титанового сплава в аэрокосмической промышленности и сварке циркониевого сплава в атомной промышленности. Например, электрод с 3%-ным содержанием оксида церия отлично подходит для сварки корпусов ядерных реакторов, эффективно снижая дробление дуги.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Проблема: Высокое содержание оксида церия может привести к незначительному охрупчиванию электрода при высоких температурах, при этом механическая прочность немного ниже, чем у WC20.

Тенденции развития

Разработка цериевых вольфрамовых электродов с нестандартным изменением в основном комплексно по следующим направлениям:

Наноразмерное легирование: При использовании наноразмерных частиц оксида церия (размер частиц < 100 нм) увеличивается равномерность распределения частиц в вольфрамовой матрице, повышается термическая стабильность и стойкость к выгоранию электрода. Исследование 2020 года показало, что наноразмерные электроды с 3% оксидом церия пропускают примерно на 20% дольше, чем WC30.

Композитное легирование: Другие оксиды редкоземельных элементов (такие как оксид лантана или оксид иттрия) включаются в церий-вольфрамовый электрод для формирования композитного электрода для балансировки эффективности инициирования дуги и стабильности при высоких температурах. Например, композитный электрод с добавлением 1% CeO_2 + 1% La_2O_3 отлично подходит для сварки переменным током.

Производство по индивидуальному заказу: Разработка церий-вольфрамовых электродов со специальным добавлением (например, 1,5% или 2,5%) в соответствии с отраслевыми потребностями с учетом особых требований микросварки или сварки с высоким регулированием.

Примеры использования:

1% электрод из оксида церия: используется в производстве полупроводников для пайки медно-вольфрамовых соединений для микроплат, с высокой точностью и низким тепловым воздействием.

Электрод из оксида церия 4%: используется при сварке труб из циркониевого сплава в производстве электроэнергетического оборудования, его высокая адаптивность к тому, что приводит к дефектам сварных швов.

Композитный электрод для электрода: В производстве авиационных электродов 1% CeO_2 + 1% Y_2O_3 используется для сварки жаропрочных сплавов на основе никеля, что обеспечивает усталостную стойкость сварного шва.

Несмотря на то, что разработки электродов с нестандартным расширением сферы применения цериевых вольфрамовых электродов, их доля на рынке сравнительно невелика (около 5% ~ 10%), в основном из-за высоких производственных затрат и специализированных мероприятий. Ожидается, что в будущем, с развитием нанотехнологий и легализации композитов, эти электроды завоюют большую долю на рынке высококачественных электродов.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

CTIA GROUP LTD

Cerium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Cerium Tungsten Electrode

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO_2). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

2. Features of Cerium Tungsten Electrode

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

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

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

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

3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode

Type	CeO_2 Content	Color Code	Density (g/cm^3)	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Cerium Tungsten Electrode

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

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

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

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

2.2 Классификация по типу тока

2.2.1 Цериевый вольфрамовый электрод для сварки постоянным током (DCEN/DCEP)

Цериевые вольфрамовые электроды для сварки тока током в верхней части на два режима: прямое соединение постоянного тока (DCEN, электрод с отрицательным электродом) и обратное соединение постоянного тока (DCEP, электрод с поворотным электродом), из которых DCEN является наиболее распространенным сценарием применения цериевого вольфрамового электрода.

DCEN (подключение лучший ток)

В режиме DCEN электрод остается к отрицательному источнику питания электрода, заготовка остается к положительному электроду, и электроны перетекают от электрода к заготовке, при этом тепло в основном концентрируется на заготовке, что подходит для сварки с глубоким проплавлением основной массы металлов. Электрод WC20 особенно выделяется в режиме DCEN :

Производительность инициации дуги: Напряжение дугового разряда электрода WC20 при токе 10150 А составляет всего 1015 В, время зарождения дуги составляет менее 0,1 секунды. Стабильность дуги: дуга неоднородна, коэффициент дрожания составляет менее 5%, что делает его пригодным для сварки углеродистой стали, нержавеющей стали, титанового сплава и никелевого сплава.

Скорость выгорания: непрерывная сварка при токе 50 А в течение 10 часов, длина прогара наконечника электрода составляет менее 0,5 мм, что лучше, чем у торьевого вольфрамового электрода.

Форма наконечника электрода: обычно отшлифован под углом конуса 30° ~ 60° для здравоохранения, энергетики, дуги и увеличения глубины углубления.

Применять:

Сварка трубопроводов: В нефтегазовой промышленности электроды WC20 используются для корневой сварки и присадочной сварки по стандарту. трубы API 5L .

Аэрокосмическая промышленность: используется для сварки корпусных деталей из титановых сплавов (например, Ti-6Al-4V), что обеспечивает прочность и малую пористость.

Контейнеры из нержавеющей стали: Электроды для пищевой и химической промышленности WC20, используемые для сварки контейнеров из нержавеющей стали 304/316 с красивыми сварными швами и коррозионной стойкостью.

DCEP (обратное соединение постоянные тока)

В режиме DCEP электрод находится к положительному электроду, и тепло концентрируется на электроде, что делает его пригодным для сварки, требующей малой степени проплавления, например, листовых алюминиевых или магниевых сплавов. Электрод WC20 работает немного хуже, чем DCEN в режиме DCEP, но все же соответствует требованиям, оптимизируя форму наконечника электрода (например, полусферическую форму) и параметры тока:

Производительность дуг зажигания: напряжение дуги немного выше (15 ~ 20 В), но все же

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

лучше, чем у чистых вольфрамовых электродов.

Стабильность дуги: дуга более диспергирована, подходит для очистки алюминиевой сварки от оксидной пленки.

Скорость выгорания: Скорость выгорания выше, чем у DCEN, срок службы электродов составляет около 70% от DCEN .

Применять:

Сварка алюминиевых сплавов: В автомобилестроении корпусов из алюминиевых сплавов используется сварка покрытия пластинами.

Сварка магниевого сплава: В авиации настоящего времени она используется для легкой сварки деталей из магниевого сплава.

Рекомендации по оптимизации

Для повышения производительности сварки DCEN/DCEP рекомендуется:

Шлифовка наконечника: DCEN использует угол конуса $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$, DCEP использует полусферический наконечник.

Контроль тока: DCEN подходит для 10200 A, DCEP подходит для 20100 A, избегайте перегрева электродов.

Защитный газ: Для выпаривания электродов окисления используйте газообразный аргон высокой чистоты (99,99%).

2.2.2 Цериевый вольфрамовый электрод для сварки переменным током

Сварка переменным током (AC) обычно используется для легких металлов, таких как алюминий и магний, потому что ее переменная положительная и отрицательная полярность может эффективно удалять оксидную пленку с поверхности. Производительность электрода WC20 при сварке переменным током немного уступает производительности ториевого вольфрамового электрода (WT20), но хороших результатов все же можно добиться за счет оптимизации параметров сварки.

характерный

Производительность запуска дуги: Напряжение дугового разряда электрода WC20 в режиме переменного тока составляет около 1525 В, что немного выше, чем у рутевого вольфрамового электрода (1220 В). Высокочастотное оборудование для инициирования дуги может еще больше снизить сложность дугового разряда.

Стабильность дуги: Стабильность дуги зависит от формы сигнала тока, а переменный ток прямоугольной формы может контролировать скорость джиттера в пределах 8%.

Скорость выгорания: при сварке переменным током 50 ~ 150 А. Скорость выгорания наконечника электрода составляет около 0,8 мм/час, что выше, чем в режиме. DCEN .

Форма наконечника: При сварке переменным током наконечник электрода образует полусферическую форму, помогая рассеивать дугу и делая ее пригодной для сварки.

применять

Сварка алюминиевых сплавов: В морской и авиационной технике электрод WC20 используется для сварки алюминиевого сплава 5083 с гладкой поверхностью сварного шва и хорошим эффектом удаления оксидной пленки.

Сварка магниевого сплава: используется для сварки магниевого сплава AZ31 в легком автомобилестроении.

Архитектурный декор: используется для сварки алюминиевых навесных стенок, дверей и окон для обеспечения эстетики и коррозионной стойкости.

Рекомендации по оптимизации

Форма сигнала тока: Прямоугольный переменный ток используется для улучшения стабильности дуги.

Защитный газ: используйте газообразную смесь аргона и гелия (например, 80% Ar+20% He) для углубления дуги.

Диаметр электрода: диаметр 2,43,2 мм. Электрод выбирается для измерения тока 50150 А.

2.2.3 Анализ характеристик электродов переменного и постоянного тока двойного назначения.

Электроды переменного/постоянного тока двойного назначения разработаны с учетом производительности пайки DCEN/DCEP и переменного тока, а электрод WC20 является типичным представителем. Его анализ эффективности осуществляется следующим образом:

Производительность инициирования дуги: В смешанных режимах AC/DC (например, импульсная сварка TIG) напряжение дуги электрода WC20 составляет 12 ~ 20 В, что подходит для плавной сварки с быстрым переключением.

Стабильность дуги: регулировка частоты импульсов (50200 Гц) и рабочего цикла (от 20% до 80%), скорость джиттера дуги можно контролировать в пределах 6%.

Скорость выгорания: В цепях с частым переключением переменного тока при постоянной скорости выгорания составляет около 0,6 мм/час, что находится между DCEN и AC.

Применение: Широко используется в аппаратном сварочном оборудовании, например, как роботизированная сварка смешанных конструкционных деталей из углеродистой стали и алюминиевого сплава.

Вызов:

Частое переключение переменного тока в постоянный может привести к колебаниям температуры на наконечнике электрода, увеличивая риск образования микротрещин.

В сильноточном режиме стабилизации напряжения переменного тока немного уступает стабильность торивольфрамовых электродов.

Рекомендации по оптимизации :

Импульсный сварочный аппарат TIG используется для измерения температурного напряжения электрода.

Регулярно проверяйте форму наконечника электрода и при необходимости повторно

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

шлифуйте.

2.3 Классификация по форме и размеру

2.3.1 Электрод Стержневой (стандартные характеристики длины и диаметра)

Стержневые электроды являются наиболее распространенной формой церий-вольфрамовых электродов и широко используются при ручной и хирургической сварке TIG. Стандартные технические условия следующие:

Диаметр: 0,5 мм, 1,0 мм, 1,6 мм, 2,0 мм, 2,4 мм, 3,2 мм, 4,0 мм, 4,8 мм, 6,4 мм.

Длина: 75 мм, 150 мм, 175 мм, 300 мм, 450 мм, 600 мм.

Допуски: допуск по диаметру $\pm 0,05$ мм, допуск по длине ± 1 мм.

Особенности и применение

Малый диаметр (0,5 ~ 1,6 мм): подходит для прецизионной сварки малыми токами (5 ~ 50 А), например, в микроэлектронике и мобильных устройствах. Электрод WC20 диаметром 1,0 мм отлично подходит для пайки корпусов микросхем.

Средний диаметр (2,0~3,2 мм): подходит для сварки общего назначения с температурой 50~150 А, например, труб из нержавеющей стали и аэрокосмических деталей.

Большой диаметр (4,0~6,4 мм): подходит для сварки особыми токами (150~300 А), например, для толстолистовых стальных конструкций.

Производственный процесс

Стержневой электрод изготавливается с помощью процессов порошковой металлургии и волочения, поверхность полируется или травится для удаления оксидного слоя. Стандарт ISO 6848 требует, чтобы поверхность стержневого электрода не имела трещин, включений и хроматических аберраций.

2.3.2 Игольчатый электрод (для прецизионной сварки)

Игольчатые электроды представляют собой миниатюрные электроды диаметром менее 1,0 мм (обычно 0,250,8 мм) и предназначены для высокоточной сварки. Его наконечник обычно отшлифован под углом конуса от 15° до 30° для дуги головок.

Особенности и применение

Высокая точность: диаметр дуги можно контролировать на уровне 0,1 ~ 0,5 мм, подходит для микросварки.

Низкая тепловая мощность: при токе 5 ~ 20 А зона термического воздействия (HAZ) составляет менее 0,2 мм.

Применение: пайка свинцов полупроводниковых чипов, пайка корпуса кардиостимулятора, сварка компонентов авиационных датчиков.

ВЫЗОВ

Механическая прочность игольчатых электродов неудовлетворительна, и их легко сломать.

Высокая стоимость производства ограничивает возможности широкомасштабного применения.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

2.3.3 Электроды специальной формы (специального назначения)

Электроды предварительной формы применяются для конкретных сварочных работ, таких как сферические наконечники, плоские наконечники или электроды стандартной формы.

Особенности и применение

Сферический наконечник: Для сварки переменным током, подходит для алюминиевого сплава.

Плоский наконечник: используется для плазменной резки, повышения точности резки.

Композитные формы: В аэрокосмической технике, используемой для сварки сложных геометрических форм, таких как лопадки турбины.

Тенденции развития

Технология 3D-печати: используется для изготовления электродов стандартной формы, повышение эффективности персонализации.

Поверхностное покрытие: Перенесите на поверхность электрода термостойкое покрытие, чтобы продлить срок службы.

2.4 Классификация по области применения

2.4.1 Сварочный электрод общего назначения

Универсальные сварочные электроды (например, WC20, 2,0 ~ 3,2 мм) подходят для материалов с широким диапазоном излучений и вызывают:

Материалы: углеродистая сталь, нержавеющая сталь, медный сплав.

Применение: Строительные стальные конструкции, сосуды под давлением, сварка трубопроводов.

Особенности: уточнить стоимость, технологичность и простоту в эксплуатации.

2.4.2 Электроды для прецизионной сварки (микроэлектроника, медицинские приборы и т.д.)

Прецизионные сварочные электроды (например, 0,5 ~ 1,0 мм WC20 или 1% электроды из оксида церия), используемые в высокоточных цепях:

Материалы: титановый сплав, медно-вольфрамовый сплав, нержавеющая сталь.

Применение: упаковка чипов, медицинские имплантаты, авиационные датчики.

Особенности: Низкое тепловложение, высокая точность управления дугой.

2.4.3 Высокотемпературные и высоконагруженные сварочные электроды

Высокотемпературные электроды и электроды с высокой конфигурацией (например, 3%-4%-ный электрод из оксида церия, 3,26,4 мм) для суровых условий:

Материалы: титановый сплав, никелевый сплав, циркониевый сплав.

Применение: Авиационные двигатели, ядерное энергетическое оборудование, химические реакторы.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Особенности: Высокая адаптивность к тому, длительный срок службы.

2.5 Классификационные стандарты и идентификация

2.5.1 Классификация и цветовые шкалы в международных стандартах (ISO 6848, AWS A5.12)

ISO 6848: Разделите цериевые вольфрамовые электроды на WC10 (1% CeO₂), WC20 (2% CeO₂) и т. д. с цветами с кодовым названием серого.

AWS A5.12: кодовое название EWCe-2 (2% CeO₂), головка электрода с серым логотипом.

Требования: Отклонение содержания оксида церия $\pm 0,1\%$, дефекты поверхности электродов.

2.5.2 Классификация и идентификация в национальных стандартах (GB/T 4192)

GB/T 4192: Разделите цериевые вольфрамовые электроды на основе WC20 (2% CeO₂) и т. д. с цветами с кодовым названием серого.

Характеристики маркировки: лазерная гравировка на поверхности электрода, номер модели, номер партии, информация о производителе.

2.5.3 Требования к упаковке и маркировке приборов

Упаковка: 10 или 100 шт. в упаковке, пластиковой коробке или вакуумной упаковке, с маркировкой с указанием модели, размера и стандарта.

Идентификация: На коробке должны быть указаны производитель, номер партии, дата изготовления и сертификат качества (например, ISO 9001).



Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Copyright© 2025 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2025 version
www.ctia.com.cn

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

Глава 3 Характеристики цериевых вольфрамовых электродов

3.1 Физические характеристики цериевых вольфрамовых электродов

Физические свойства церий-вольфрамовых электродов имеют основополагающее значение для их превосходной производительности в условиях высокотемпературной и сильнотоочной сварки. Эти свойства, включая температуру плавления и углерод, свечение и твердость, коэффициент теплового расширения и теплопроводность, напрямую влияют на стабильность, срок службы и область применения электродов. Ниже приводится подробный анализ в трех подразделениях.

3.1.1 Температуры плавления и золочения цериевых вольфрамовых электродов

Цериевые вольфрамовые электроды в основном изготовлены из вольфрама и оксида церия, который является одним из металлов с самой высокой температурой плавления в природе, с температурой плавления 3422 °C (3695 K) и температурой белого около 5555 °C (5828 K). Температура плавления оксида церия составляет 2400 °C, температура углерода — около 3500 °C, а легирование небольшого количества оксида церия оказывает незначительное влияние на среднетемпературные плавления и температуру холодного электрода. Экспериментальные измерения показывают, что температура плавления электрода с 2% оксида церия (WC20) составляет около 3400 °C, температура белого — около 5500 °C, что все еще намного выше, чем типичная температура дуги при сварке TIG и плазменно-дуговой сварке (6000 ~ 7000 K). Такая высокая температура плавления позволяет цериево-вольфрамовым электродам сохранять структурную целостность в условиях экстремально высоких температур, что делает их плавками для прецизионной сварки и сварки с высоким давлением.

Подробное объяснение характеристик температуры плавления

Устойчивость к высоким температурам:

Высокая температура плавления церий-вольфрамового электрода позволяет ему оставаться твердым при высоких температурах дуги (до 7000 K в центре дуги), при этом возможна лишь незначительная абляция кончика электрода. При прямой сварке напряжением тока (DCEN) температура наконечника электрода обычно составляет 1500–2000 °C, что значительно ниже точки плавления, поэтому электрод может сохранять свою геометрию в течение длительного времени. Например, при сварке труб из нержавеющей стали при токе постоянного тока 100 А электрод WC20 имеет длину выгорания наконечника менее 0,3 мм после 10 часов непрерывной работы, демонстрируя отличную стойкость к плавлению.

По сравнению с ториевым вольфрамовым электродом (WT20, содержит 2% оксида тория, температура плавления около 3410°C), WC20 имеет несколько меньшую температуру плавления, но разница составляет всего около 10°C, что почти не имеет значения в практическом применении. По сравнению с чистым вольфрамовым электродом (температура плавления 3422 °C) температура плавления WC20 была немного меньше, но его характеристики инициации и стабилизации дуги были значительно лучше, чем у чистого вольфрамового электрода.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

При высоких токах (>200 А) или неправильной эксплуатации (например, при контакте электродов с расплавом) может вызвать локальная эрозия наконечника электрода, что приведет к затуплению угла конуса конуса конуса. Эксперименты показывают, что скорость плавления наконечника электрода WC20 составляет около 0,05 мм/час при сварке с током 300 А, в то время как чисто абрикосовый электрод может достигать 0,1 мм/час.

Факторы, влияющие на температурное плавление:

Распределение оксида церия: расширение распределения частиц оксида церия в вольфрамовой матрице имеет решающее значение для стабильности температуры плавления. Если частицы распределены неравномерно, это может привести к снижению температуры плавления на локальном участке, что увеличит риск выгорания. Современные производственные процессы, такие как порошковая металлургия и нанодопинг, приводят к учету контроля размера частиц ($1 \sim 5$ мкм).

Содержание примесей: Последующие примеси (например, железо, кремний, алюминий) могут снизить температуру плавления. Международные стандарты (например, ISO 6848) требуют, чтобы электроды WC20 имели концентрацию менее 0,01% примесей для обеспечения работы при высоких температурах.

Защитный газ: высокочистый газообразный аргон (99,99%) или аргоно-гелиевая смесь (80% Ar + 20% He) могут эффективно снизить температуру наконечника электрода и снизить риск выгорания, связанный с температурным плавлением.

Примеры применения:

Аэрокосмическая промышленность: При сварке TIG элементов фюзеляжа из титанового сплава (например, Ti-6Al-4V) высокая температура плавления электродов WC20 обеспечивает непрерывную работу электрода в течение 12 часов при токе 100 ~ 150 А, изменение формы наконечника составляет менее 0,2 мм, что соответствует требованиям аэрокосмической промышленности к высокоточным сварным швам.

Масляные трубопроводы: При корневой сварке стандартных трубопроводов API 5L электрод WC20 работает при температуре постоянного тока 120 А, температура наконечника электрода контролируется ниже 1800 °C, преимущество в температурном плавлении обеспечивает качество сварки.

Оборудование для атомной энергетики: При сварке сосудов под высоким давлением из циркониевого сплава высокая температура плавления электрода WC20 позволяет оставаться стабильным в условиях высокой температуры и высокой влажности, снижая последствия дефектов сварных швов (например, пористость $<0,3\%$).

Подробное объяснение характеристики температуры золота

Летучесть:

Высокая температура белков церий-вольфрамовых электродов (около 5500 °C) делает их чрезвычайно летучими при высоких температурах дуги, снижая потери газовой фазы в материале электрода. Экспериментальные данные показывают, что летучесть электрода

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

WC20 составляет всего 0,008 мг/мин при пайке напряжения током 150 А, в то время как в чистом вольфрамовом электроде она составляет 0,05 мг/мин. Такой проект летучества снижает расход электродного материала и продлевает срок его эксплуатации.

Оксид церия имеет более низкую температуру углерода (3500 °C), чем вольфрам, и может предпочитать следующие количества паров церия при экстремально высоких температурах, но его величина ($<10^{-5}$ г/мин) оказывает незначительное влияние на качество сварного шва и воздействие на окружающую среду. Напротив, оксид оксида (температура белого газа около 4000 °C) ториевых вольфрамовых электродов немного более летуч при высоких температурах и может предпочитать следующие количества радиоактивных частиц.

Факторы, влияющие на климатический баланс:

Температурные дуги: Температура температурного режима (6000 ~ 7000 К) может превысить точку белого электрода, но фактическая температура наконечника электрода намного ниже, поэтому летучесть заслуживает доверия. Использование сварочного пистолета с водяным охлаждением имеет еще больший температурный наконечник.

Защитный газ: аргон или аргоно-гелиевая смесь может эффективно изолировать кислород, предотвращая окисление и испарение при высоких температурах. Исследования показали, что использование 99,99% газообразного аргона высокой чистоты позволяет снизить уровень летучести на 20%.

Тип тока: При сварке переменным током (переменный ток) температура наконечника электрода сильно колеблется, что обеспечивает нарушение контроля. Квадратный волновой переменный ток уменьшает колебания температуры и снижает летучесть.

Примеры применения:

Судостроение: При сварке корпусов из нержавеющей стали электродом WC20 работает непрерывность при токе 100 А постоянного тока, со скоростью летучести менее 0,01 мг/мин, обеспечивая чистоту сварного шва.

Химическое оборудование: При высокотемпературной сварке в реакторе при температуре высокотемпературного белого электрода WC20 гарантируется, что материал электрода не загрязняет ванну расплавом, что соответствует строгим гигиеническим требованиям.

Автоматизированная сварка: на роботизированных сварочных линиях обеспечивается летучесть электродов WC20, что позволяет изменить ход замены электродов и повысить эффективность производства.

Рекомендации по оптимизации

Выбор защитного газа: используйте аргон высокой чистоты или аргоно-гелиевые смеси для снижения температуры наконечника электрода и замыкания потерь, с плавлением и температурной белкой.

Контроль тока: При сварке большими токами (>200 А) рекомендуется использовать электроды большего диаметра (например, 3,2 ~ 4,0 мм) для рассеивания тепла и предотвращения локального плавления.

Шлифовка насадок: Поддерживайте угол конуса на 30° ~ 60°, чтобы заметить дугу и уменьшить перегрев насадки.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Система охлаждения: в сочетании с сварочной горелкой и водяным охлаждением для улучшения рассеивания тепла и продления срока службы электродов.

Прогресс и изменения в исследованиях

В последние годы внедрены технологии наноразмерного легирования оксида церия, что обеспечивает еще большую гарантию стабильности плавления и точек белого цериевых вольфрамовых электродов. Исследование, проведенное в 2021 году, показало, что наноразмерный оксид церия (размер частиц < 100 нм) может улучшить граничную прочность зерен-вольфрамовой матрицы, производительность температуры плавления электрода WC20 близкую к 3410°C , а точка содержания — близкую к 5520°C . Кроме того, разработка композитных легированных электродов (например, $1\% \text{CeO}_2 + 1\% \text{La}_2\text{O}_3$) дополнительно оптимизирует высокотемпературные характеристики и соответствует требованиям высокого спроса в аэрокосмической и атомной промышленности. Ожидается, что в будущем технология 3D-печати и технология нанесения покрытий на поверхность еще больше улучшит стойкость электродов к плавлению.

3.1.2 Плотность и твердость цериевых вольфрамовых электродов

Плотность и твердость цериевых вольфрамовых электродов являются ключевыми показателями их неоднородности и неоднородности, напрямую влияя на их вибростойкость и долговечность в процессе сварки.

Подробное объяснение плотностных характеристик

Значение плотности:

Плотность цериевого вольфрамового электрода составляет $19,2 \text{ г/см}^3$, что близко к чистоте вольфрама ($19,25 \text{ г/см}^3$). Плотность оксида церия ($7,65 \text{ г/см}^3$) была низкой, но из-за его содержания всего $2\% \sim 4\%$ влияние на низкое освещение составило менее $0,5\%$. Высокий светодиодный электрод обладает превосходной механической стабильностью и виброустойчивостью, что делает его пригодным для высокоскоростной автоматизированной сварки.

Эксперименты показывают, что перемещение электрода WC20 составляет менее $0,01 \text{ мм}$ в среде вибрации 50 Гц (имитация роботизированной сварки), в то время как перемещение материалов низкой плотности (например, электродов из алюминиевого сплава) может перемещаться $0,1 \text{ мм}$.

Применение:

Автоматизированная сварка: Высокий светильник гарантирует, что электрод остается стабильным в поворотной сварочной горелке, при меньшем смещении дуги. Например, при орбитальной сварке трубка имеет дополнительную плотность электрода WC20, что позволяет достигать точности дуги калки до $\pm 0,05 \text{ мм}$.

Тяжелое оборудование: В судостроении и мостостроении высоких светильников WC20 поддерживает их устойчивость в условиях высокой вибрации, такой как воздействие ветра.

По сравнению с ториевым вольфрамовым электродом, плотность ториевого вольфрамового электрода составляет $19,1 \sim 19,2 \text{ г/см}^3$, что отражает WC20, но равномерность WC20 немного

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

лучше при высокочастотной вибрации, благодаря эффекту упрочнения границ зерен оксида церия.

Влияющие факторы:

Производственный процесс: температура, давление и спекание в процессах порошковой металлургии непосредственно воздействуют на холодильник. Чрезмерная температура выпечки может привести к скоплению частиц оксида церия, что снижает плотность.

Контроль примесей: последующие примеси (например, кремний, железо) могут снизить освещение, а стандарт ISO 6848 требует содержания примесей ниже 0,01%.

Примеры применения:

Аэрокосмическая промышленность: При сварке титановых крыльев потолочного электрода WC20 обеспечивает высокую точность при роботизированной сварке с отклонением сварочного шва менее 0,1 мм.

Нефтепроводы: при оперативной сварке трубопроводов на большом расстоянии с высокими ламповыми электродами WC20 обеспечивается непрерывная работа в течение 24 часов, стабильность напряжения остается выше 95%.

Ветроэнергетическое оборудование: При сварке ветряных башен вибростойкие электроды WC20 уменьшают дрожащие дуги, вызванные энергией ветра.

Подробное объяснение характеристики твердости

Значение твердости:

Твердость по Виккерсу (HV) цериевых вольфрамовых электродов немного ниже, чем у чистых вольфрамовых электродов, но значительно выше, чем у обычной стали (около 200 HV). Равномерные распределения частиц оксида церия в вольфрамовой матрице увеличивают предельную прочность зерен и повышают сопротивление деформации электрода.

Исследование 2020 года показало, что твердость электрода WC20 составляла 420 HV при высокой температуре и поддерживалась при высокой температуре 1000°C при 350 HV, демонстрируя стабильную стабильность высокотемпературной твердости. Напротив, ториевые вольфрамовые электроды имеют высокотемпературную твердость около 340 В, что немного ниже, чем WC20.

Применение:

Производительность шлифования: Высокая твердость позволяет электроду WC20 формировать точные углы конуса (например, 30°~60°) в процессе шлифовки, что делает его пригодным для прецизионной сварки.

Сопротивление деформации: прежде всего, низкая твердость, риск повреждения электрода во время транспортировки и установки. Например, в сварочных линиях твердость электрода WC20 обеспечивает целостность наконечника после нескольких установок.

По сравнению с лантановым вольфрамовым электродом: Твердость лантанового вольфрамового электрода (WL20 с 2% оксида лантана) составляет около 430 В, что сравнимо с WC20, но стойкость к охрупчиванию немного лучше при высоких температурах.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Влияющие факторы:

Содержание оксида церия: 2% оксида церия является неправильной точкой равновесия, слишком высокое содержание (например, 4%) может привести к охрупчиванию границ зерна и уменьшению твердости.

Термическая обработка: отжига после спекания (1000 ~ 1200 °C) оптимизирует твердость и источник напряжения.

Шлифовка насадок: Неправильная шлифовка может привести к образованию микротрещин, снижению местной твердости.

Примеры применения:

Медицинские устройства: при сварке титанового корпуса кардиостимулятора твердость электрода WC20 осуществляется точному шлифованию, погрешность угла наконечника конуса составляет менее 1°.

Автомобильное строение: при сварке выхлопных труб из нержавеющей стали высокая жесткость электрода WC20, наконечник наконечника из-за вибрации.

Атомная промышленность: При сварке сосудов высокого давления из циркониевого сплава электродов WC20 обеспечивает стабильность при длительных высокотемпературных режимах.

Рекомендации по оптимизации

Процесс шлифования: Алмазные шлифовальные круги и низкоскоростные шлифовальные круги (<1000 об/мин) используются для поверхностной поверхности микротрещин.

Условия хранения: Избегайте влажной среды, чтобы предотвратить окисление поверхности и снижение твердости.

Параметры сварки: контрольный ток (<200 A) во избежание падения твердости при высоких температурах.

Прогресс и изменения в исследованиях

Наноразмерное легирование оксидом церия значительно повышает твердость электродов, исследование 2022 года показало, что твердость наноразмерных электродов WC20 может достигать 460 HV, а твердость высокотемпературной твердости увеличена до 380 HV. Ожидается, что в будущем упрочненные покрытия, такие как покрытия TiN, еще больше повысят износостойкость и продлевают срок службы электродов.

3.1.3 Коэффициент теплового расширения и теплопроводности церий-вольфрамовых электродов**Подробное объяснение коэффициента теплового расширения.****Значение коэффициента теплового расширения:**

Коэффициент теплового расширения цериевых вольфрамовых электродов составляет $4,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (20~1000°C), что близко к чистому вольфраму ($4,3 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$). Коэффициент теплового расширения оксида церия ($8,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) высокий, но из-за низкого содержания его общее воздействие ограничено.

Эксперименты показали, что длина наконечника электрода WC20 изменяется менее чем на

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

0,01 мм/ч при сварке постоянным током 150 А, демонстрируя превосходную стабильность размеров.

Применение:

Стабильность размеров: Низкий коэффициент теплового расширения позволяет электроду сохранять свою геометрию при высокотемпературной дуговой дуге, что делает его пригодным для прецизионной сварки. Например, при пайке микросхем угол конуса наконечника электрода WC20 отклоняется менее чем на 0,5°.

По сравнению с ториевым вольфрамовым электродом: коэффициент теплового расширения ториевого вольфрамового электрода составляет $4,4 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, что соответствует WC20, но WC20 обеспечивает лучшую стабильность границ зерен и влияет на высокотемпературное термическое растрескивание под напряжением.

Автоматизированная сварка: При роботизированной сварке низкий коэффициент теплового расширения обеспечивает стабильность электрода во время быстрых термических циклов, при этом точность сварного шва достигает $\pm 0,05 \text{ мм}$.

Влияющие факторы:

Распределение оксида церия: расширяет распределенные частицы оксида церия уменьшают локальные разности тепловых расширений и улучшают базовую стабильность.

Температурный диапазон: При $> 1500^\circ\text{C}$ коэффициент теплового расширения немного увеличивается (около $4,8 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$), что необходимо контролировать с помощью системы охлаждения.

Примеры применения:

Аэрокосмическая промышленность: При сварке лопаток титановых турбин с низким коэффициентом теплового расширения электрода WC20 обеспечивается надежность сварного шва.

Оборудование для атомной устойчивости: при сварке труб из циркониевого сплава стабилизирующие размеры электрода WC20 устраняет трещины на сварных швах, вызванные термическими напряжениями.

Конструкция автомобиля: При сварке корпусов из алюминиевых сплавов электрод с низким коэффициентом теплового расширения WC20 обеспечивает высокоточную сварку.

Подробное объяснение теплопроводности

Значение теплопроводности:

Теплопроводность церий-вольфрамового электрода составляет 170 Вт/(м·К) (комнатная температура), что немного ниже, чем у чистой вольфрама (174 Вт/(м·К)). При 1000°C теплопроводность падает примерно до 100 Вт/(м·К), что все еще достаточно для быстрой передачи тепла наконечнику тела электрода.

Эксперименты показывают, что при пайке температуры током 100 А температурный наконечник электрода WC20 можно контролировать на уровне $1800 \sim 2000^\circ\text{C}$, чтобы избежать перегрева и выгорания.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Применение:

Характеристики рассеивания тепла: Хорошая теплопроводность позволяет электродам WC20 быстро рассеивать тепло во время непрерывной сварки и продлевать их работу. Например, при сварке напряжением ток при температуре 150 А температура наконечника электрода примерно на 100 °C ниже, чем у чистого вольфрамового электрода.

По сравнению с лантановым вольфрамовым электродом, теплопроводность лантанового вольфрамового электрода составляет 165 Вт/(м·К), что немного ниже, чем у WC20, но характеристики рассеивания тепла аналогичны при высоком токе.

Влияющие факторы:

Диаметр электрода: Электроды большего диаметра (например, 3,2 мм) обеспечивают лучший отвод тепла и точность сварки большим током.

Защитный газ: смесь аргона и гелия может улучшить распределение тепла и дополнительно повысить эффективность рассеивания теплового электрода.

Примеры применения:

Судостроение: При сварке корпуса из нержавеющей стали теплопроводность электрода WC20 обеспечивает непрерывную работу в течение 12 часов, температура наконечника контролируется ниже 1900 °C.

Химическое оборудование: При сварке в высокотемпературных реакторах эффективность рассеивания тепловых электродов WC20 уменьшает количество дефектов сварных швов, вызванных термическим напряжением.

Автоматизированные производственные линии: При роботизированной сварке теплопроводности электродов WC20 обеспечивается эффективное производство.

Рекомендации по оптимизации

Система охлаждения: Используйте сварочный пистолет с водяным охлаждением для улучшения рассеивания тепла и продления срока службы электродов.

Форма волн тока: используется прямоугольный переменный ток при сварке переменным током для поддержания колебаний температуры наконечника.

Диаметр электрода: выберите подходящий диаметр (например, 2,4 ~ 3,2 мм), чтобы сбалансировать теплопроводность и токонесущую способность.

Прогресс и изменения в исследованиях

Новые теплопроводящие покрытия, такие как покрытия из карбида вольфрама, увеличивают теплопроводность электрода WC20 до 180 Вт/(м·К). Кроме того, композитные легированные электроды (такие как 1% CeO₂ + 1% Y₂O₃) снижают теплопроводность при высоких температурах и подходят для сварки с высокой конфигурацией.

3.2 Химические свойства цериевых вольфрамовых электродов

Химические свойства церий-вольфрамовых электродов определяют их стабильность и использование в сложных условиях сварки. Ниже приводится анализ оксида церия с тремя аспектами: химическая стабильность, коррозионная стойкость и химические свойства при

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

высоких температурах.

3.2.1 Стабильность оксида цера Химия

Оксид церия (CeO_2) представляет собой нестабильный оксид редкоземельных элементов с температурой плавления 2400°C и температурой белка около 3500°C , обладающий чрезвычайно высокой инертностью в кислотных, щелочных и окислительных средах. Эта стабильность является ключом к способности цериевых вольфрамовых электродов сохранять свою производительность в условиях высокотемпературной дуговой дуги и сложных сред.

Подробное заключение экономической стабильности

Устойчивость к высоким температурам:

В сварочной дуге ($6000 \sim 7000\text{ K}$) оксид церия остается твердым, и его сложно разложить или испарить. Эксперименты показывают, что после 8 часов сварки 200 А длительность током содержания оксида церия в электроде WC20 снижается всего на 0,01%, демонстрируя отличную химическую стабильность.

По сравнению с ториевыми вольфрамовыми электродами, оксид церия (ThO_2) может разлагаться и пропагандировать следовые количества радиоактивных частиц при высоких температурах, в то время как оксид церия не имеет этого риска, что делает его применимым для сохранения с учетом экологических требований.

Антиоксидантные свойства:

Оксид церия нечувствителен к кислороду и водяному пару под контролем аргона, что приводит к образованию оксидного слоя на поверхности электрода. Испытания показали, что при защите 99,99% высокочистого газообразного аргонового слоя оксидный слой на поверхности электрода WC20 имел толщину менее 0,05 мкм, в то время как чистый вольфрамовый электрод мог быть празник 1 мкм.

В окружающей среде со следовыми количествами кислорода ($<0,1\%$) оксид церия образует защитный слой оксида, который дальше превращает вольфрамовую матрицу.

Примеры применения:

Морская техника: При сварке морские платформы из нержавеющей стали электроды химической стабильности WC20 Позволяет им сохранять производительность во влажной, соленой среде с пористостью сварного шва менее 0,3%.

Химическое оборудование: В сульфидных средах (например, при сварке в сернокислотном реакторе) устойчивость электрода WC20 к окислению, потери на электроде.

Пищевая промышленность: При сварке контейнеров из нержавеющей стали электрод химической стабильности WC20 обеспечивает гигиеничность сварного шва.

Влияющие факторы:

Чистота защитного газа: Газообразный аргон низкой чистоты ($<99,9\%$) может приводить кислород, снижая стабильность оксида церия.

Тип тока: Колебание температуры при сварке переменным током может увеличить выбросы в цепи оксида церия.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Рекомендации по оптимизации

Для обеспечения химической стабильности используйте аргон высокой чистоты (99,99%) или аргоно-гелиевые смеси.

Контролируйте время сварки, чтобы избежать выброса оксида церия из-за длительного воздействия высоких температур.

Ход исследований

Наноразмерное легирование оксида церия подтверждает химическую стабильность, исследование 2021 года показало, что потери скорости оксида церия в наноразмерных электродах WC20 при сварке с током 300 А составляют менее 0,005%.

3.2.2 Коррозионная стойкость цериевых вольфрамовых электродов

Цериево-вольфрамовые электроды демонстрируют превосходную коррозионную стойкость в обычных сварочных условиях, таких как защита от аргона или аргоно-гелиевой смеси, а добавление оксида повышает стойкость вольфрамовой матрицы к окислению и химической обработке.

Коррозионная стойкость

Антиоксидантные свойства:

При сварке током 150 А толщина оксидного слоя на поверхности электрода WC20 составляет менее 0,1 мкм по сравнению с 1 мкм для чистых вольфрамовых электродов. Защитное действие оксида церия низкого образования оксида вольфрама (WO_3).

В среде с примесями кислорода (<0,1%) скорость окисления электрода WC20 составляет менее 0,001 мм/год.

Химическая стойкость:

В хлоридных или сульфидсодержащих средах (например, при сварке нефтехимических трубопроводов) скорость зарядки электрода WC20 составляет менее 0,001 мм/год, что значительно ниже, чем у чистого вольфрамового электрода (0,01 мм/год).

Эксперимент показал, что на поверхности электрода WC20 не было явного контроля после замачивания в 10% растворе хлорида натрия в течение 100 часов.

Примеры применения:

Нефтехимическая промышленность: При сварке трубопроводов сероводородом коррозионная стойкость электрода WC20 приводит к замене электродов.

Морская техника: При сварке нержавеющей стали в морской воде коррозионная стойкость электродов WC20 обеспечивает качество сварных швов.

Атомная промышленность: При сварке из циркониевого сплава коррозионная стойкость электрода WC20 обеспечивает длительную стабильную работу.

Влияющие факторы:

Защитный газ: Высокоочищенный газообразный аргон значительно снижает окислительную коррозию.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Диаметр электродов: Электроды большего диаметра (например, 3,2 мм) обеспечивают резервную коррозионную стойкость.

Рекомендации по оптимизации

Используйте крышку газа высокой чистоты для управления окислительной системой.
Регулярно очищайте электрод, чтобы удалить последующие отложения на поверхности.

Ход исследований

Технологии поверхностного покрытия, такие как покрытия из диоксида циркония, могут еще больше повысить коррозионную стойкость, исследование 2022 года показало снижение скорости электродов WC20 с покрытием. на 50%.

3.2.3 Свойства церий-вольфрам-Химфрам-электродов в высокотемпературных средах

При рассмотрении высокотемпературной дуги (>6000 K) химическое поведение церий-вольфрам-электродов обнаружено в виде испарения следов и восстановления поверхности.

Подробное объяснение поведения высокотемпературных химических веществ

Испарение след:

Оксид церия может использоваться при очень высоких температурах, порядка 10^{-5} г/мин, что не влияет на качество сварки. Напротив, испарение оксида тория из ториевых вольфрам-электродов может привести к высвобождению радиоактивных частиц.

Эксперименты показывают, что летучесть электрода WC20 составляет менее 0,01 мг/мин при сварке с током 200 А.

Реконструкция поверхности:

При высоких температурах частицы оксида церия могут мигрировать на поверхность электрода, образуя богатый слой церия, который создает термоэмиссионные последствия. Результаты показывают, что толщина слоя богатого церием составляет около 0,01 ~ 0,05 мкм. При сварке переменным током реструктуризация поверхности может привести к незначительному шероховатости, что влияет на стабильность дуги.

Примеры применения:

Аэрокосмическая промышленность: при сварке титаном богатый церием слой электродов WC20 увеличивает зажигание дуги.

Атомная промышленность: При сварке циркониевого сплава электроды химической стабильности WC20 с низким содержанием загрязнений в бассейне.

Автоматизированная сварка: При роботизированной сварке реконструкция поверхности электродом WC20 обеспечивает быстрое зажигание дуги.

Влияющие факторы:

Тип тока: Колебание температуры при сварке переменным током обеспечивает согласование поверхности.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Защитный газ: смесь аргона и гелия снижает выбросы и шероховатость.

Рекомендации по оптимизации

Используйте прямоугольный переменный ток для изменения температуры.

Регулярно осматривайте поверхность электрода и при необходимости повторно шлифуйте.

Ход исследований

Наноразмерное легирование оксидом церия низкого высокотемпературного излучения, исследование 2021 года показало, что летучесть наноразмерных электродов WC20 снизилась на 30%.

3.3 Электрические характеристики цериевых вольфрамовых электродов

Электрические свойства церий-вольфрамовых электродов имеют решающее значение для их превосходного зарождения дуги и размеров дуговых свойств при сварке. Ниже приведены три аспекта: работа по утечке электронов, характеристики инициирования дуги и стабильности дуги, а также незначительная способность на току.

3.3.1 Работа по рассеянию электронов цериевого вольфрамового электрода

Работа по управлению электронами является ключевым показателем эффективности дугового разряда электродов. Электрод WC20 имеет убегающую способность электронов около 2,5 эВ, что намного ниже, чем у чистых вольфрамовых (4,5 эВ) и ториево-вольфрамовых электродов (2,7 эВ).

Подробное объяснение функции убегания электронов

Характеристика:

Низкий уровень убегания электронов способствует отходу электронов с поверхности электрода, снижая напряжение запуска дуги. Эксперименты показывают, что начальное напряжение дугового электрода WC20 составляет 1012 В по сравнению с 1518 В для чистого вольфрамового электрода при сварке тока током 10 А.

Равномерные распределения частиц оксида церия в вольфрамовой матрице создают термоэмиссионное излучение, особенно при низких токах (<50 А).

Примеры применения:

Микроэлектроника: При пайке свинцов на кристалле необходима возможность убегания электронов электрода WC20, пайка сверхнизким током 5 ~ 20 А, зона термического воздействия составляет менее 0,1 мм.

Медицинские устройства: при сварке титановых имплантатов быстрое зажигание дуги электрода WC20 повышает эффективность производства.

Аэрокосмическая промышленность: При сварке титановых элементов дуговые электроды низкого пускового напряжения WC20, вызывающие разряд дуги.

Сравнение с вольфрамовым электродом из лантана:

Работа по убеганию электронов лантанового вольфрамового электрода (WL20) составляет

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

около 2,4 эВ, что немного лучше, чем у WC20, но разница не существенна в практических применениях.

Влияющие факторы:

Форма наконечника: угол конуса $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ может концентрировать излучение электронов и повышать эффективность запуска дуги.

Чистота поверхности: Поверхностные оксидные слои могут увеличить работу по улету электронов и необходимы в регулярной очистке.

Рекомендации по оптимизации

Отведите наконечник под угол конуса на $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$, чтобы уменьшить диффузию электронов.

Газообразный аргон высокой чистоты используется для жидкостного окисления.

ход исследований

Наноразмерное легирование оксида церия снижает работу по убеганию электронов до 2,3 эВ, исследование 2022 года показало снижение пускового напряжения дуги на 10% для наноразмерных электродов WC20.

3.3.2 Характеристики инициирования дуг и стабильности размеров дуг церий-вольфрамовых электродов

Подробное объяснение производительности запуска дуги

Характеристика :

В прямом режиме постоянного тока (DCEN) электрод WC20 имеет напряжение запуска дуги 1015 В и время запуска дуги менее 0,1 секунды. При сварке переменным током напряжение дуги составляет 1525 В, которое должно поддерживаться высокочастотным оборудованием для запуска дуги.

Эксперименты показывают, что при сварке тока током 50 А вероятность гашения электродного тока электродом WC20 составляет 99,9%.

Примеры применения:

Сварка трубопроводов: при сварке нижнего масляного трубопровода быстрое закручивание дуги электрода WC20 повышает эффективность сварки.

Автоматизированная сварка: При роботизированной сварке дуговые характеристики электрода WC20 применяются высокочастотные операции.

Прецизионная сварка: При микроэлектронной сварке низкое пусковое напряжение дуги электрода WC20 снижает тепловыделение.

Влияющие факторы:

Наконечник углового конуса: угол наклона конуса $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$, слишком большой или слишком маленький может увеличить напряжение дуги.

Защитный газ: высокочистый газ аргон может снизить пусковое напряжение дуги.

Подробное объяснение стабильности дуги

Характеристика:

Коэффициент дрожания дуги электрода WC20 составляет менее 5% при сварке постоянным током и около 8% при сварке переменным током. Термоэмиссионная эмиссия оксида церия даёт стабильность дуги.

При сварке ток тока на 100 А смещение дуги электрода WC20 составляет менее 0,05 мм.

Примеры применения:

Аэрокосмическая промышленность: При сварке титаном стабильная дуга электрода WC20 с низкой пористостью сварного шва.

Атомная промышленность: При сварке циркониевых сплавов стабильность дуги электрода WC20 обеспечивает превосходное качество сварных швов.

Автоматизированные производственные линии: При роботизированной сварке стабильность дуги электродов WC20 повышает производительность производства.

Предложения по оптимизации:

Используйте прямоугольный переменный ток для главного дрожания дуги.

Регулярно проверяйте форму конуса, чтобы обеспечить постоянный угол конуса.

ход исследований

Композитные легированные электроды (например, 1% CeO_2 + 1% La_2O_3) снижают дрожание дуги до 4%, что делает его пригодным для высокоточной сварки.

3.3.3 Допустимая по току цериевый вольфрамовый электрод

Подробное объяснение текущих нестабильных способностей

Характеристика:

Допустимая мощность тока электрода WC20 зависит от диаметра :

1,6 мм: 10 ~ 100 А, подходит для прецизионной сварки.

2,4 мм: 50 ~ 150 А, подходит для сварки общего назначения.

3,2 мм: 100 ~ 200 А, подходит для сварки под высоким давлением.

При температуре выше 200 А скорость выгорания немного увеличивается, поэтому рекомендуется использовать электрод из оксида церия 4%.

Примеры применения:

Судостроение: при сварке постоянным током на 150 А электрод WC20 диаметром 2,4 мм обеспечивает непрерывную работу в течение 10 часов.

Атомное производство: при сварке сварочным током 200 А электрод WC20 диаметром 3,2 мм обеспечивает инструмент для сварки циркониевых сплавов.

Автомобильное строение: при сварке провода током 100 А, электрод WC20 диаметром 2,0 мм подходит для сварки алюминиевого корпуса.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Влияющие факторы:

Диаметр электрода: Большой диаметр опоры более высокие токи.

Система охлаждения: сварочные печи с водяным охлаждением улучшают несущественную способность на току.

Рекомендации по оптимизации

Выберите электрод подходящего диаметра в соответствии с нынешними потребностями.

Используйте систему водяного охлаждения для снижения выгорания.

ход исследований

Электрод из 4% оксида церия имеет пропускную способность при токе 250 А, исследование 2022 года показало, что его скорость выгорания на 20% ниже, чем у WC20.

3.4 Механические свойства цериевых вольфрамовых электродов

3.4.1 Пластичность и хрупкость церий-вольфрамовых электродов

Подробное объяснение пластичности и хрупкости.

Характеристика:

Цериевый вольфрамовый электрод имеет низкую пластичность, удлинением около 0,5% ~ 1%, и является хрупким. Добавление оксида церия повышает граничную прочность зерна и снижает высокотемпературное охрупчивание.

Эксперименты показывают, что предел прочности электрода WC20 при температуре нагрева составляет 2500 МПа, а вязкость разрушения – $1,2 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$.

Примеры применения:

Аэрокосмическая промышленность: При сварке титана хрупкость электродов WC20 требует осторожного обращения, чтобы избежать поломок.

Автоматизированная сварка: При роботизированной сварке механическая стабильность электрода WC20 поддерживает высокочастотные операции.

Влияющие факторы:

Содержание оксида церия: слишком высокий уровень (например, 4%) может увеличить хрупкость.

Термическая обработка: Процессы отжига оптимизируют пластичность.

Рекомендации по оптимизации

Прецизионное шлифовальное оборудование используется для снижения механических воздействий.

Избегайте воздействия внешних сил на электрод.

ход исследований

Наноразмерное легирование оксидом церия повысило вязкость разрушения до $1,5 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$, исследование 2021 года показало, что стойкость к охрупчиванию наноразмерных электродов WC20 увеличилась на 30%.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

CTIA GROUP LTD

Cerium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Cerium Tungsten Electrode

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO_2). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

2. Features of Cerium Tungsten Electrode

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

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

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

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

3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode

Type	CeO_2 Content	Color Code	Density (g/cm^3)	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Cerium Tungsten Electrode

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

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

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

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

3.4.2 Противоэкспортные характеристики церий-вольфрамовых электродов

Подробное объяснение долговечности

Характеристика:

Износостойкость электрода WC20 обусловлена высокой твердостью и прочностью границ зерна оксида церия. Скорость поверхностного износа при шлифовке и сварке составляет менее 0,01 мм / час .

Эксперименты показывают, что скорость износа наконечника электрода WC20 составляет менее 0,005 мм/ч при сварке с током 100 А.

Примеры применения:

Автомобильное строение: При сварке выхлопных труб из нержавеющей стали противоизносные электроды WC20 обеспечивают длительную эксплуатацию.

Атомная промышленность: При сварке циркониевого сплава долговечный электрод наконечника WC20.

Влияющие факторы:

Процесс шлифования: Алмазные шлифовальные круги снижают износ.

Тип тока: сварка переменным током может увеличить износ.

Рекомендации по оптимизации

Используйте скоростную шлифовку, чтобы уменьшить повреждение поверхности.

Регулярно осматривайте поверхность электрода и при необходимости повторно шлифуйте.

ход исследований

Поверхностные покрытия, такие как TiN, снижают скорость износа на 50%, исследование 2022 года показало, что электроды WC20 с покрытием продлевают срок службы на 30%.

3.4.3 Скорость прогорания электрода цериевого вольфрама

Подробное объяснение скорости горения электродов

Характеристика:

Скорость выгорания электрода WC20 составляет около 0,5 мм/час при сварке с выдержкой тока на 100 А и около 0,8 мм/час при сварке переменным током .

Эксперименты показывают, что скорость выгорания электрода WC20 на 20% ниже, чем у ториевого вольфрамового электрода при сварке постоянным током 150 А.

Примеры применения:

Судостроение: При сварке корпусов из нержавеющей стали обеспечить скорость выгорания электрода WC20, что обеспечивает непрерывную работу.

Аэрокосмическая промышленность: При сварке титаном контроль скорости выгорания электрода WC20 обеспечивает качество сварного шва.

Влияющие факторы:

Амплитуда тока: Высокий ток (>200 А) увеличивает скорость выгорания.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Защитный газ: Высокоочищенный аргон может снизить скорость выгорания.

Рекомендации по оптимизации

Используйте сварочный пистолет с водяным охлаждением, чтобы снизить скорость выгорания.

Используйте прямоугольный переменный ток, чтобы уменьшить разницу температур.

ход исследований

Скорость выгорания электрода с 4% оксида церия была снижена до 0,4 мм/час, исследование 2022 года показало, что его срок службы на 25% больше, чем у WC20.

3.5 Экологические и безопасные характеристики цериевых вольфрамовых электродов

3.5.1 Нерадиоактивное преимущество церий-вольфрамовых электродов

Подробное объяснение преимуществ нерадиоактивности

Характеристика:

По сравнению с ториевыми вольфрамовыми электродами (содержащими радиоактивный оксид, доза облучения около $3,60 \times 10^5$ Кюри/кг), электроды WC20 нерадиоактивны и соответствуют рекомендациям Международной комиссии по радиологической защите (ICRP). Эксперименты показали, что электрод WC20 не пользуется популярностью при шлифовке и сварке.

Примеры применения:

Медицинские устройства: При сварке титановых имплантатов нерадиоактивная природа электрода WC20 соответствует гигиеническим требованиям.

Пищевая промышленность: При сварке контейнеров из нержавеющей стали нерадиоактивная природа электрода WC20 обеспечивает чистоту сварного шва.

Влияющие факторы:

Производственный процесс: Строго контролируйте чистоту сырья, чтобы избежать радиоактивных примесей.

Утилизация отходов: электроды WC20 могут быть переработаны без предварительной обработки.

Рекомендации по оптимизации

Выберите электрод WC20, сертифицированный по стандарту ISO 6848, чтобы обеспечить отсутствие радиоактивности.

Используйте вентиляционное оборудование для удаления основного количества пыли во время шлифовки.

Ход исследований

Новые методы обнаружения, такие как гамма-спектроскопия, еще раз подтверждают радиоактивное нет электрода WC20.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

3.5.2 Экологичность цериевых вольфрамовых электродов

Подробное объяснение экологичности

Характеристика:

Электроды WC20 не выделяют вредных веществ при добыче и утилизации и соответствуют нормам ЕС RoHS и REACH.

Отработанные электроды могут быть переработаны и использованы повторно, если уровень переработки составляет более 90%.

Примеры применения:

Экологичное производство: При сварке ветроэнергетического оборудования экологически чистые характеристики электродов WC20 способствуют устойчивому развитию.

Морская техника: В условиях морской воды экологически чистые электроды WC20 снижают нагрузку на окружающую среду.

Влияющие факторы:

Производственный процесс: Внедрение экологически чистого производства энергии может еще больше улучшить охрану окружающей среды.

Переработка системы: Хорошо развитая переработка системы может улучшить использование ресурсов.

Рекомендации по оптимизации

Производитель должен иметь экологические сертификаты.

Установите систему переработки электродов для измельчения отходов.

Ход исследований

Исследование 2022 года показало, что уровень переработки электродов WC20 может достичь 95%, что подтверждает прерывание замкнутого цикла.

3.5.3 Оценка санитарно-гигиенических условий и безопасности цериево-вольфрамовых электродов

Объяснение оценки здоровья и безопасности

Характеристика:

Пыль, образующаяся от электрода WC20 во время шлифовки и сварки, нетоксична и имеет очень низкий риск вдыхания. Эксперименты, в которых концентрация PM_{2,5} в электродной пыли составляла WC20, менее 0,01 мг / м³.

По сравнению с ториевыми вольфрамовыми электродами, электроды WC20 не создают радиационного риска и не представляют опасности для здоровья при длительном использовании.

Примеры применения:

Медицинская промышленность: При сварке титановых имплантатов нетоксичные свойства электродов WC20 соответствуют строгим гигиеническим требованиям.

Пищевая промышленность: При сварке контейнеров из нержавеющей стали медицинских и

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

предохранительных электродов WC20 соответствуют требованиям к продукции.

Влияющие факторы:

Условия шлифовки: плохая вентиляция может увеличить риск вдыхания пыли.

Эксплуатационные характеристики: Соблюдайте безопасные правила эксплуатации для уменьшения количества случайных травм.

Рекомендации по оптимизации

Используйте вентиляционное оборудование и маску для вдыхания пыли.

Регулярно обучайте сварщиков для повышения квалификации по технике безопасности.

ход исследований

Новая технология фильтрации пыли с содержанием шлифовальной пыли на электроде WC20 до 0,005 мг/м³.

3.6 Китайский вольфрамовый интеллектуальный цериевый вольфрамовый электрод MSDS

Паспорт безопасности материала (MSDS) - Цервовый вольфрамовый электрод

1. Информация о продукте

Название продукта: Цериевый вольфрамовый электрод (WC20)

Химическое название: сплав вольфрама (W) и оксид церия (CeO₂).

Применение: Применяется для дуговой сварки в среде инертного газа в среде защитных газов (TIG), плазменной сварки и резки.

Номер CAS:

Вольфрам: 7440-33-7

Оксид церия: 1306-38-3

2. Состав/информация о составе

Основные ингредиенты:

Вольфрам (Ж): 97,8% ~ 98,2% (массовая доля)

Оксид церия (CeO₂): 1,8% ~ 2,2% (массовая доля).

Примеси: железо (Fe), кремний (Si), углерод (C) и др., с содержанием менее 0,05%.

3. Идентификация опасности

Физическая опасность: Отсутствует риск взрыва или воспламенения твердых электродов.

При шлифовке или резке может образовываться металлическая пыль.

Опасность для здоровья:

Вдыхание: пыль из вольфрама или оксида церия от шлифовки может раздражать внешние пути.

Контакт с кожей: воздействие может вызвать легкое раздражение кожи.

Попадание в глаза: пыль может раздражать глаза.

Радиоактивность: цериевые вольфрамовые электроды имеют чрезвычайно низкую радиационную активность и соответствуют требованиям безопасности ISO 6848.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Опасность для окружающей среды: В процессе производства могут образовываться отходы, которые необходимо правильно утилизировать для предотвращения загрязнения окружающей среды.

Основные симптомы: вдыхание пыли может вызвать кашель или респираторный дискомфорт; Попадание в глаза может вызвать покраснение и отек.

4. Меры первой помощи

Ингаляция: рассматриваемый человек находится в хорошо проветриваемом помещении и при необходимости обращается за медицинской помощью.

Контакт с кожей: промойте место контакта водой с мылом и обратитесь за медицинской помощью в случае раздражения.

Попадание в глаза: Промывайте большое количество воды в течение не менее 15 минут и при необходимости обратитесь за медицинской помощью.

Прием внутри: Если это произошло, немедленно обратитесь за медицинской помощью и предоставьте этот паспорт безопасности.

5. Противопожарные мероприятия.

Способ тушения пожара: Твердотельный электрод огня. При пылевом пожаре используется сухой порошок или углекислые огнетушащие вещества.

Особые опасности: Оксид церия или оксид вольфрама могут возникать при высоких температурах, поэтому следует носить средства защиты органов дыхания.

Меры предосторожности при пожаре: Пожарные должны носить защитную одежду и респираторы при возникновении пожара.

6. Неотложная обработка протечек.

Предотвращение утечек: избегайте поломок электродов или шлифовальной пыли во время хранения и использования.

Метод очистки: Используйте пылесос или влажную тряпку для уборки пыли, чтобы избежать попадания влаги. Собранные отходы утилизируются в соответствии с правилами.

Меры защиты: Надевайте защитные маски и перчатки при работе с испарениями.

7. Эксплуатация и хранение.

Меры предосторожности при эксплуатации:

Используйте специальное шлифовальное оборудование, чтобы избежать образования образования пыли.

Оборудован местной системой вентиляции, не пропускает воздух от пыли и надевает защитные очки.

После процедур вымойте руки, чтобы избежать длительного контакта с кожей.

Условия хранения:

Хранить в сухом, проветриваемом герметичном контейнере, чтобы избежать попадания влаги и загрязнений.

Хранить вдали от кислотных веществ и в условиях высокой температуры.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Маркировка «Церий-Вольфрамовый электрод WC20» для идентификации.

8. Контроль контакта/личная защита

Инженерный контроль: Используйте местное вытяжное оборудование или пылезащитный чехол для защиты от воздействия пыли.

Средства индивидуальной защиты:

Защита органов дыхания: При шлифовке надевайте пылезащитную маску, сертифицированную NIOSH.

Защита рук: надевайте прочные перчатки.

Защита глаз: Наденьте ремешок на очки.

Защита: Носите комбинезон из кожи с длинными рукавами, чтобы избежать контакта с кожей.

Пределы воздействия:

Вольфрамовая пыль: OSHA PEL 5 мг/м³ (TWA).

Оксид церия: Конкретного предела нет, рекомендуется обращаться к стандарту вольфрамовой пыли.

9. Физико-химические свойства.

Физическое состояние: твердое (стержень или резьба)

Цвет: серебристо-серый с серыми отметинами на концах.

Температура плавления: вольфрам около 3422°C, оксид церия около 2400°C.

Плотность: ок. 19,3 г/см³

Растворимость: Не растворяется в воде.

Стабильность: стабильна при высокой температуре, может окисляться при высокой температуре.

10. Стабильность и сохранение способностей.

Стабильность: Стабильные химические свойства при низкой температуре.

Реакционная способность: Избегайте контакта с сильными кислотами, щелочами или высокотемпературными окислительными средами, которые могут образовывать вредные газы.

Противопоказанные вещества: сильные окислители, кислотные вещества.

11. Токсикологическая информация.

Острая токсичность: Низкая токсичность, вдыхание пыли может вызвать легкое раздражение верхних путей.

Хроническая токсичность: вдыхание пыли высокой концентрации может привести к дискомфорту на открытом воздухе.

Канцерогенность: Не внесен в список канцерогенов МАИР.

Репродуктивная токсичность: Данные отсутствуют.

12. Экологическая информация.

Воздействие на окружающую среду: Твердотельные электроды не наносят прямых вредных

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

воздействий на окружающую среду, а отходы производства необходимо правильно утилизировать.

Биоаккумуляция: Отсутствует явление биоаккумуляции.

Стойкость и разлагаемость: не подлежит разложению, требуется переработка.

13. Утилизация отходов

Метод утилизации: Утилизируйте или утилизируйте отработанные электроды и пыль в соответствии с применяемыми нормами, избегая прямой утилизации.

Рекомендации по переработке: Отправьте лом на профессиональном предприятии по переработке металлов для восстановления вольфрама и оксида церия.

Меры предосторожности: Избегайте отходов в воду или почву, чтобы предотвратить загрязнение окружающей среды.

14. Информация о доставке

Классификация перевозок: неопасные грузы, в соответствии с международными стандартами перевозок.

Требования к упаковке: Используйте влагонепроницаемую и пыленепроницаемую упаковку и указывайте информацию о продукте.

Меры предосторожности при транспортировке: Избегайте повреждений упаковки и не допускайте утечки пыли.

15. Нормативная информация

Международные нормы: Соответствие нормам REACH EC при незначительной радиации ниже пороговых показателей безопасности.

Внутренние правила: Соблюдайте Правила Китая по безопасному обращению с опасными химическими веществами и Закон об охране окружающей среды.

Отраслевые стандарты: Соответствие стандартам ISO 6848, AWS A5.12, GB/T 4192.

16. Прочая информация

Поставщик: CTIA GROUP LTD.

Телефон: 0592-5129696/5129595



Глава 4 Процесс подготовки и производства и технологии цериевого вольфрамового электрода

В качестве ключевого неплавящегося электрода при сварке в среде инертного газа (TIG) и плазменно-дуговой сварке церий-вольфрамовые электроды полагаются на научность и точность всей производственной цепочки от выбора исходного материала до окончательной обработки. Процесс подготовки включает в себя множество сложных звеньев, включая отбор и предварительную обработку, оптимизацию технологии порошковой металлургии, совершенствование технологии обработки обработки, совершенствование системы контроля качества и внедрение передовых производственных технологий. В этой главе систематически излагается подготовка процесса цериевого вольфрамового электрода с пятью аспектами: выбор метода и предварительная обработка, технология порошковой металлургии, технология изменения обработки, контроль качества и оптимизация процесса, а также передовые производственные технологии, а также подробно исследуются технологический процесс, технические процессы, влияющие факторы, стратегия оптимизации и будущие тенденции развития каждого звена.

4.1 Выбор источника и предварительная обработка цериевого вольфрамового электрода

Выбор предварительной иварочной обработки осуществляется с помощью краеугольных

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

каменной для подготовки цериевого вольфрамового электрода, который непосредственно определяет химический состав, микроструктуру и конечные свойства электрода. Вольфрамовый порошок в качестве основного компонента, оксид церия в качестве основного легочного материала и, возможно, другие добавки должны быть тщательно проверены и обработаны в соответствии с требованиями к высокопроизводительным сварочным электродам.

4.1.1 Требования к чистоте и размеру частиц вольфрамового порошка

Вольфрамовый порошок является основным сырьем цериевого вольфрамового электрода, содержащим 96–98% массы электрода. Его чистота и характеристики размера частиц оказывают решающее влияние на стабильность, дугогасительные свойства и механическую прочность электрода в условиях высокотемпературной дуговой дуги. Благодаря металлу с высокой температурой плавления (3422°C) и высокой освещенностью ($19,25 \text{ г/см}^3$), вольфрам обладает превосходной термостойкостью и коррозионной стойкостью, но последующие примеси или неправильные измерения размеров могут привести к снижению производительности электродов в процессе сварки, например, к нестабильности дуги или повышенному выгоранию.

Требования к чистоте вольфрамового порошка

Чистота вольфрамового порошка является ключом к тому, чтобы электрод сохранял свою химическую стабильность и электрические свойства при высокотемпературном дуговом разряде ($6000 \sim 7000 \text{ K}$). Согласно международным стандартам (таким как ISO 6848:2004) и китайским стандартам (GB/T 4192-2015), чистота вольфрамового порошка обычно обеспечивает более 99,95%, а обычные примеры включают железо (Fe), кремний (Si), алюминий (Al), кислород (O) и углерод (C). Эти примеси могут образовывать легкоплавкие соединения (такие как оксиды железа с температурой плавления около 1565°C) при высоких температурах, что приводит к выгоранию поверхности электродов или загрязнению ванны расплавом. Вольфрамовый порошок более высокой чистоты (99,99%) особенно важен при прецизионной сварке, что значительно улучшает стабильность дуги и снижает потери на электродах.

Оценка чистоты производительности: Последующие примеси могут изменить термоэмиссионные характеристики электрода, увеличивая пусковое напряжение дуги или вызывая дрожание дуги. Примеси железа могут образовывать летучие оксиды при высоких температурах, вызывая выгорание электродов. Примеси кислорода могут привести к образованию оксидного слоя на поверхности электрода, что приводит к снижению электрических свойств. Уменьшенное количество этих примесей, вольфрамовый порошок со сверхвысокой чистотой, может повысить производительность дуги зажигания, стабильность дуги и электродов при высоких температурах, что делает его особенно подходящим для прецизионной сварки слабыми токами или длительной сварки с высоким управлением.

Процесс очистки: Вольфрамовый порошок обычно получают методом термического разложения паравольфрама аммония (АПТ), и этот процесс включает обогащение

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

вольфрамовой руды, химическое растворение, кристаллизацию и очистку, а также восстановление Великобритании. В процессе обогащения из руды удаляется пустая порода и примеси с помощью флотации и получения магнитной сепарации для высокочистого АРТ. При химическом растворении используется аммиак или кислота для превращения вольфрамовой руды в растворимый вольфрам с переходом многоступенчатой кристаллизации для удаления неметаллических примесей. Восстановление Великобритании является промежуточным этапом, который обычно осуществляется в трубчатой печи в два этапа: на первом этапе АРТ оксида вольфрама (WO_3) при более низких температурах уменьшается оксид вольфрама до вольфрамового порошка. Процесс восстановления требует использования установленной высокой чистоты (чистота $\geq 99,999\%$) и строгого контроля точек росы ($< -40^\circ C$) для предотвращения окисления. После восстановления вольфрамовый порошок необходимо протравить (например, разбавленной азотной кислотой или раствором соляной кислоты) для удаления остаточных оксидов с поверхности для дальнейшего улучшения чистоты.

Детали процесса: В испарительной печи должна быть применена многоступенчатая конструкция нагрева, чтобы обеспечить равномерные температурные градиенты и избежать испарения примесей, вызванных локальным перегревом. Управление потоком Великобритании имеет решающее значение для снижения эффективности и должно соблюдаться в зависимости от размера печи и объема порошка. Процесс обработки требует точного контроля кислот и времени обработки, чтобы избежать поверхностных дефектов, вызванных чрезмерной коррозией. В цехе очистки необходимо поддерживать свободную от пыли окружающую среду (уровень ISO 5, концентрация частиц < 3520 частиц/ m^3), чтобы предотвратить загрязнение вольфрамового порошка пылью или примесями в воздухе.

Влияющие факторы:

Источник: Китай владеет более чем 60% мировых запасов вольфрамовой руды, в основном добываемой в Чжучжоу, Хунани и Ганьчжоу, провинции Цзянси. Благодаря высококачественной вольфрамовой руде можно получить более высокую чистоту АРТ за счет оптимизации процесса обогащения.

Производственная среда: Процесс очистки осуществляется в чистом помещении, оборудованном высокоэффективной системой фильтрации во избежание загрязнения пылью. Влага или попадание кислорода в атмосферу может вызвать окисление вольфрамового порошка, что повлияет на его чистоту.

Условия хранения: Вольфрамовый порошок обладает независимой гигроскопичностью и склонностью к окислению, и его необходимо хранить в герметичных контейнерах из нержавеющей стали или полиэтилена для поддержания низкой влажности ($< 30\%$) и низкой температуры ($< 25^\circ C$) для предотвращения термического окисления или агломерации.

Контроль качества: При контроле чистоты обычно используется спектроскопия с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES) для анализа металлических примесей с точностью до ppm. Рентгенофлуоресцентная спектроскопия (РФА) используется для быстрого определения распределения примесей и подходит для Диптихов в режиме реального времени на

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

производственной линии. В процессе рассмотрения особое внимание следует уделять металлическим примесям, таким как железо и кремний, а также неметаллическим примесям, таким как кислород и углерод, чтобы убедиться, что их содержание ниже стандартного предела. Регулярная калибровка испытательного оборудования и создание систем идентификации приборов позволяют обеспечить стабильное качество вольфрамового порошка.

Предложения по оптимизации:

В качестве примера была выбрана высокосортная вольфрамовая руда для повышения чистоты АПТ за счет многоступенчатого обогащения и кристаллизационной очистки.

Оптимизируйте поток населения и контролируйте температуру во время восстановления основных элементов примесей.

Создание многоуровневой системы тестирования в сочетании с ICP-OES и XRF для обеспечения двойной лаборатории «Диптих» и производственной линии.

Оптимизируйте управление хранилищами с помощью вакуумной упаковки и адсорбента, чтобы обеспечить долгосрочную стабильность вольфрамового порошка.

Реализуйте управление качеством участников для идентификации происхождения и обработки каждой партии вольфрамового порошка со штрих-кодом или технологией RFID.

Прогресс и развитие исследований:

Технология температурной плазменной очистки снижает потребление энергии за счет низкого снижения температуры восстановления ($600 \sim 700$ °C) при одновременном улучшении чистоты вольфрамового порошка, который подходит для экологически чистых производственных нужд.

Технология биовыщелачивания использует методы для извлечения вольфрама из вольфрамовой руды, сокращения использования эффективных реагентов и уменьшения загрязнения окружающей среды.

Интеллектуальная система обнаружения анализирует распределение примесей с помощью алгоритмов искусственного интеллекта и оптимизирует процесс очистки в сочетании с машинным обучением для повышения эффективности и определения точности.

Новое оборудование для очистки, такое как система химического осаждения из газовой фазы (PECVD) с плазменным излучением, может еще больше повысить чистоту вольфрамового порошка и усилить сверхточную сварку.

Требования к размеру частиц вольфрамового порошка

Размер частиц и распределение вольфрамового порошка оказывают большое влияние на активность спекания порошка, светового электрода и механическую прочность. Размер частиц обычно контролируется в пределах 15 мкм, средний размер частиц (D50) составляет 23 мкм, отклонение по распределению должно быть как можно меньше, чтобы обеспечить равномерность связывания частиц в процессе спекания. Мелкий размер частиц может увеличить поверхностностную порошковую пыль и обеспечить диффузию и соединение частиц в процессе спекания, но слишком мелкий размер частиц может привести к агломерации или увеличению производственных затрат, в то время как слишком большой

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

размер частиц может привести к неравномерному спеканию и снижению граничной прочности электрода.

Измерение размера частиц на производительность: правильно распределяйте частицы по размерам, обеспечивая формирование плотных микроструктур, повышение освещенности и прочность электродов на разрыв. Размер небольших частиц, обеспечивающих активность спекания, запас электрода, обеспечивающий стабильную геометрию и электрические свойства при высоких температурах. Неравномерное распределение частиц по размерам может привести к сегрегации частиц оксида церия во время выпечки, что влияет на эффективность инициирования дуги и стабильность дуги электрода. Сферический вольфрамовый порошок обладает более высокой текучестью и эффективностью спекания по сравнению с нерегулярными частицами, способствуя образованию однородных граничных структур зерен.

Процесс контроля размера частиц:

Определение воздушного потока: Отдельный вольфрамовый порошок различных размеров частиц на основе аэродинамического поведения частиц с помощью циклических классификаторов или оборудования для классификации воздушного потока. В процессе сортировки необходимо контролировать скорость воздушного потока и точность сортировки, чтобы обеспечить равномерность распределения частиц по размерам. Оборудование для сортировки воздушных потоков часто оснащено высокоточными датчиками, которые отслеживают распределение частиц по размерам в режиме реального времени.

Высокоэнергетическая шаровая мельница: планетарная шаровая мельница используется для измельчения вольфрамового порошка, размер частиц контролируется путем регулирования скорости передачи данных, абразивного материала (например, шариков из диоксида циркония) и измерения времени. Процесс шарового измельчения позволяет избежать чрезмерного измельчения, чтобы предотвратить разрушение или загрязнение частиц. Выбор абразивной среды и расположение шариков к материалу повлияло на эффект контроля размера частиц.

Распылительная сушка: Суспензия вольфрамового порошка поступает через оборудование для распылительной сушки с образованием сферических частиц, улучшающих текучесть и свойства спекания порошка. Распылительная сушка требует контроля отверстий сопла, подачи и температуры сушки для формирования однородных сферических частиц.

Детальный процесс: В процессе шарового фрезерования необходимо использовать абразивы с высокой твердостью (такие как диоксид циркония или карбид вольфрама) для загрязнения, соотношение шарика к материалу обычно составляет 10:1 ~ 20:1, время шлифовки необходимо корректировать в соответствии с целевым размером частиц. Классификаторы воздушного потока должны быть оснащены высокоэффективными фильтрами для предотвращения потерь мелких частиц. Конструкция сопла и температура сушки распылительным способом оказывают сильное влияние на морфологию частиц, а параметры необходимо корректировать с помощью экспериментов. Процесс сортировки и сушки проводят в среде с низким содержанием азота или аргона во избежание окисления.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Влияющие факторы:

Процесс восстановления: температура и время восстановления. Высокотемпературное восстановление может привести к агломерации частиц и увеличению размера частиц. Криогенное восстановление приводит к образованию более мелких частиц, но это занимает больше времени.

Форма порошка: Сферический вольфрамовый порошок обладает более низкой текучестью и спекательной активностью, что делает его пригодным для производства электродов высокой плотности. Неравномерные частицы могут привести к неравномерному спеканию, что влияет на производительность электродов.

Точность устройства: эффективность разделения сортировочного оборудования и точность датчика определяют стабильность распределения частиц по размерам. Низкое оборудование может привести к увеличению отклонений в размерах частиц.

Контроль качества: Лазерные анализаторы размера частиц используются для точного измерения распределения частиц по размерам, а сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) используется для наблюдения за морфологией и агломерацией частиц. В процессе тестирования необходимо обратить внимание на значения D10, D50 и D90, чтобы обеспечить равномерное распределение. Регулярная калибровка испытательного оборудования и создание баз данных по размерам частиц может помочь оптимизировать параметры процесса.

Предложения по оптимизации:

В сочетании с процессами сортировки, такими как поток и распылительной сушкой, он обеспечивает распределение частиц по размерам и регулярную морфологию частиц.

Оптимизируйте параметры шаровых мельниц и выберите подходящие абразивные условия и условия для предотвращения загрязнения.

Используйте высокоточный лазерный анализатор размеров частиц для распределения частиц по размерам в режиме реального времени.

Предпочтительный выбор сферического вольфрамового порошка для повышения производительности спекания и плотности электродов.

Внедрите встроенную систему контроля размера частиц для оптимизации эффективности сортировки с помощью датчиков и анализа данных.

Прогресс и развитие исследований:

Разработка наноразмерного порошка вольфрама (размер частиц < 100 нм) значительно улучшает свет и механическую прочность электрода, делая его пригодным для высокоточной сварки.

Интеллектуальная система сортировки частиц еще больше повышает точность и эффективность контроля размера частиц для учета измеренных изображений и технологии обратной связи в режиме реального времени.

Процессы «зеленой» подготовки, такие как низкотемпературное снижение в сочетании с воздействием ультразвукового диспергирования, снижают потребление энергии и риск агломерации частиц в соответствии с тенденцией развития.

Новое оборудование для сортировки, такое как центробежные наноклассификаторы,

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

позволяет более точно контролировать размер частиц для одновременного производства сверхточных электродов.

4.1.2 Контроль источника и качества оксида церия

Оксид церия (CeO_2) является ключевым легирующим фактором для цериевых вольфрамовых электродов, сохраняя 2–4% от массы электрода. Его чистота, размер частиц и химическая стабильность оказывают большое влияние на характеристики дугового разряда, стабильность дуги и используемого электрода при высоких температурах. Равномерные показатели и высокое качество оксида церия являются гарантией обеспечения стабильной производительности электродов.

Источник оксида церия

Оксид церия в основном добывается из редкоземельных минералов (таких как монацит, фторцериевая руда), а Китай, как производитель в мире редкоземельных элементов, владеет богатыми редкоземельными элементами, включая Баотоу, Внутреннюю Монголию и Ляншань, Сычуань. Процесс экстракции включает в себя сложную физическую и химическую обработку, направленную на получение оксида церия высокой чистоты в соответствии с требованиями электродной подготовки.

Процесс экстракции: Редкоземельные минералы сначала измельчаются и измельчаются с образованием мелких частиц, а затем используется технология флотации для выделения редкоземельных минералов. В процессе флотации используются специальные флотационные агенты (такие как жирные кислоты, амины или сульфонаты) для улучшения извлечения церия, и в процессе необходимо оптимизировать константы пульпы и pH для селективности. Отделенная концентрация редкоземельных элементов преобразуется в растворимые соли редкоземельных элементов путем кислотного растворения (обычно с использованием серной кислоты или соляной кислоты) с последующим отделением ионов церия с помощью методов экстракции растворителем, такими как экстрагенты P204 или P507. Экстрагированный раствор церия получают путем осаждения (например, осаждения щавелевой кислоты) с образованием карбоната церия или оксалата церия, которые впоследствии обжигают в высокотемпературной печи для обжига ($800\text{--}1000^\circ\text{C}$) с образованием порошка оксида церия с чистотой от 99,9% до 99,99%.

Детальный процесс: флотации требует точного контроля значения pH пульпы (обычно 6 ~ 8) и содержания флотационного агента для улучшения извлечения церия и включения процесса других редкоземельных элементов. При экстракции растворителя необходимо изменить расположение и стадию экстракции экстрагента, чтобы обеспечить эффективное взаимодействие церия и других редкоземельных элементов (таких как лантан и празеодим). В процессе обжига необходимо контролировать градиент температуры и атмосферы (обычно воздуха или кислорода) в печи, чтобы избежать изменения формы кристаллов или воздействия примесей. Печи для обжарки обычно имеют подсветку, вращая изменяющиеся или толкающие пластины для равномерного нагревания порошка.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Влияющие факторы:

Качество руды: Высококачественная фторцериевая руда (содержание церия >50%) может значительно повысить эффективность добычи и снизить производственные затраты. Для отсортированных руд можно пропустить дополнительные этапы низкого обогащения, что приведет к увеличению энергопотребления.

Выбор экстрагента: экстрагент P204 обладает более высокой селективностью в отношении воздействия на церию, чем P507, но стоимость выше, поэтому его необходимо адаптировать в соответствии с экономической эффективностью.

Контроль окружающей среды: В цехе очистки необходимо поддерживать высокий уровень чистоты (уровень ISO 6, концентрация частиц < 35 200 частиц/м³) во избежание проникновения пыли или загрязнений воздуха. Вхождение в воздух может привести к тому, что оксид церия будет впитывать влагу, что ухудшит ее качество.

Условия зажигания: Чрезмерная температура может привести к спеканию частиц оксида церия и, как следствие, к размеру частиц; Слишком низкая температура может привести к неполному преобразованию.

Оценка производительности: высокая чистота оксида церия может эффективно уменьшить работу электрода при утечке электронов (около 2,5 эВ), улучшить характеристики инициирования дуги и сделать дугу более воспламеняемой и более стабильной. Последующие количества редкоземельных примесей (например, оксида лантана, оксида празеодима) могут изменить характеристики термомиссионной системы, увеличить напряжение дуги или вызвать дрожание дуги. Мелкое и равномерное распределение частиц по размерам обеспечивает увеличение легирования оксида церия в вольфрамовой матрице, образуя стабильную граничную структуру зерна, тем самым максимально улучшая механическую прочность и стойкость электрода до высоких температур.

Контроль качества оксида церия

Контроль чистоты: чистота оксида церия должна достигать более 99,9%, а содержание примесей (таких как оксид лантана, оксид празеодима и оксид неодима) должно быть менее 0,01%. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) является постоянным методом обнаружения примесей редкоземельных элементов с точностью до уровня ppb, что делает его пригодным для высокоточного лабораторного анализа. Рентгенофлуоресцентная спектроскопия (РФА) используется для быстрого анализа распределения примесей и подходит для Диптихов в режиме реального времени на производственной линии. Контроль чистоты осуществляется на протяжении всего процесса экстракции, обжарки и хранения, чтобы обеспечить отсутствие примесей.

Контроль размера частиц: Размер частиц оксида церия обычно контролируется на уровне 0,5 ~ 2 микрона, поэтому размер частиц составляет около 1 микрона для обеспечения легирования и производительности выпечки. Технология измельчения приводит к измельчению оксида церия до целевого размера частиц с помощью высокоскоростного воздушного потока, скорость воздушного потока необходимо контролировать в соответствующем порядке, чтобы избежать чрезмерного измельчения. Технология распылительной сушки образует сферические частицы, улучшая текучесть порошка и

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

эффективность легирования. Лазерный анализатор размера частиц используется для распределения контроля частиц по размерам, обнаружения небольшое отклонение D50 .
Контрольные формы: Сферические частицы оксида церия обладают большей текучестью и густотой легирования, чем частицы неправильной формы, что обеспечивает формирование стабильных граничных структур частиц во время спекания. При распылительной сушке необходимо отрегулировать размер форсунки, скорость подачи и температуру сушки, чтобы избежать агломерации частиц или неравномерной морфологии.

Детали процесса:

Для дробления потока в окружающей среде используется газообразный азот высокой чистоты (чистота $\geq 99,999\%$) для предотвращения выделения влаги или окисления оксидом церия.

Конструкция сопла и температура сушки распылительным способом оказывают сильное влияние на морфологию частиц, а параметры необходимо корректировать с помощью экспериментов.

Используйте герметичные контейнеры и влагопоглотители во время хранения для поддержания низкой влажности ($< 20\%$) и темной окружающей среды для предотвращения изменения свойств оксида церия.

Влияющие факторы:

Процесс дробления: скорость и давление воздушного потока должны точно контролироваться, чтобы избежать фрагментации или агломерации частиц.

Условия хранения: Оксид церия чувствителен к влаге, и его следует подвергать воздействию высокой влажности.

Постоянство партии: Чистота и размер частиц оксида церия от партии к партии должны поддерживаться с помощью онлайн-системы Диптихи, чтобы обеспечить стабильность работы электродов.

Предложения по оптимизации:

Отдайте предпочтение оксиду церия высокой чистоты (99,99%) для оптимизации работы электродов, особенно при высокоточной сварке.

В сочетании с процессами дробления потока и распылительной сушки он обеспечивает эффектность размера и морфологии частиц.

Создана многоуровневая система детектирования для контроля чистоты и содержания примесей в соединении с ИСП-МС и РФА .

Оптимизированное управление по правилам с использованием вакуумной упаковки и влагопоглотителей для изменения стабильности оксида церия.

Реализуйте управление мощностью участников и записывайте источник и обработку каждой партии оксида церия с помощью цифровой системы идентификации.

Прогресс и развитие исследований:

Разработка наноразмерного оксида церия (размер частиц < 100 нм) значительно повышает уникальность легирования и характеристики электродов, что делает его пригодным для высокоточной сварки.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Технологии «зеленой» экстракции, такие как биовыщелачивание, используют микробное воздействие для извлечения церия, ограничивая выбросы жидких отходов, что соответствует принципам защиты окружающей среды.

Интеллектуальная система обнаружения анализирует распределение потоков и содержание примесей с помощью искусственного интеллекта в сочетании с машинным обучением для оптимизации процесса экстракции и повышения эффективности контроля качества.

Новое оборудование для обжарки, такое как микроволновые печи для обжарки, обеспечивает более равномерный нагрев и риск изменения формы кристаллов.

4.1.3 Выбор других приборов

В качестве дополнения к порошку вольфрама и оксиду церия при производстве цериевых вольфрамовых электродов можно добавлять следующие количества оксидов редкоземельных элементов или других соединений (например, оксид лантана La_2O_3 , иттрия Y_2O_3 , диоксид циркония ZrO_2) для оптимизации свойств, таких как дуговые свойства, которые поддерживают заданные температуры или коррозионную стойкость. Выбор и контроль этих методов имеют решающее значение для улучшения характеристик электродов.

Виды и функции присадок

Оксид лантана (La_2O_3):

Функция: Оксид лантана с низкой активностью убегания электронов (около 2,4 эВ) и отличной стабильностью при высоких температурах (температура плавления 2315°C), что может повысить характеристики дугового разряда и использования электрода. Оксид лантана делает дугу более воспламеняемой и более концентрированной, улучшая термоэмиссионные характеристики, что делает ее нестабильной для сварочных сред с высоким током. Высокая температура плавления гарантирует, что электрод сохраняет структурную стабильность при высоких температурах.

Коэффициент добавления: обычно $0,1\% \sim 0,5\%$, его необходимо точно контролировать, чтобы избежать увеличения хрупкости электрода. Правильное расположение оксида лантана оптимизирует стабильность дуги и продлевает срок службы электродов.

Требования к качеству: Чистота должна обеспечивать чистоту более $99,9\%$, а частицы должны контролироваться на уровне $0,5 \sim 2$ микрона, в соответствии с размером оксида церия для обеспечения защиты легких. Содержание примесей (таких как оксид церия или оксид празеодима) должно быть менее $0,01\%$.

Оксид иттрия (Y_2O_3):

Особенность: Оксид иттрия известен своей высокой температурой плавления (2410°C) и химической стабильностью, что может улучшить свойства электродов против выгорания, что делает его особенно подходящим для сварки с высоким регулированием. Оксид иттрия повышает механическую прочность и устойчивость электродов к высоким температурам за счет влияния граничной структуры частиц.

Коэффициент добавления: $0,1\% \sim 0,3\%$, слишком высокий уровень может снизить пластичность электрода и повысить производительность обработки.

Требования к качеству: чистота $\geq 99,9\%$, размер частиц $0,5 \sim 1,5$ мкм, что обеспечивает

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

совместимость с вольфрамовым порошком и оксидом церия.

Диоксид циркония (ZrO_2):

Назначение: Диоксид циркония известен своей высокой твердостью и химической инертностью, что может улучшить твердость и коррозионную стойкость электродов, что делает его пригодным для использования в средах, содержащих коррозионные газы. Добавление небольшого количества повышает стабильность поверхности электрода.

Коэффициент добавления: 0,05% ~ 0,2%, который необходимо строго контролировать, чтобы не влиять на стабильность дуги.

Требования к качеству: чистота $\geq 99,95\%$, размер частиц 0,5~1 мкм для обеспечения дальнего света.

Детали процесса:

Добавки необходимо перемешивать с вольфрамовым порошком и оксидом церия с помощью высокоэнергетического шарового измельчения или ультразвукового диспергирования для обеспечения равномерного распределения. Процесс шарового фрезерования требует использования абразивов с высокой твердостью (например, шариков из диоксида циркония) во избежание загрязнения.

Процесс изменения проводят в среде с высокой чистотой азота или аргона (чистота $\geq 99,999\%$) с контролируемой влажностью окружающей среды ($<20\%$) для предотвращения влияния влаги.

Добавки следует хранить в герметичных контейнерах и поддерживать в среде с низкой влажностью, чтобы избежать изменения климата.

Влияющие факторы:

Коэффициент добавления: повышение производительности баланса и контроль затрат, так как слишком высокое расположение может привести к появлению дефектов на границе или повышенной хрупкости электродов.

Соответствие размеров частиц: Размер добавки должен соответствовать размеру оксида церия, чтобы обеспечить эффективность легирования и избежать сегрегации частиц.

Условия хранения: Добавки чувствительны к влаге и окислению, и их следует подвергать воздействию повышенной влажности.

Контроль качества:

С помощью масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) достигается чистота аддитивных веществ, чтобы обеспечить содержание примесей ниже 0,01%.

Для анализа распределения аддитивных частиц используют сканирующую электронную микроскопию (СЭМ) и рентгенофлуоресцентную спектроскопию (РФА), отклонение которых следует контролировать с точностью до $\pm 0,05\%$.

Регулярная калибровка испытательного оборудования и создание систем идентификации участников для обеспечения стабильного качества присадок.

Предложения по оптимизации:

Используйте добавку высокой чистоты ($\geq 99,99\%$), чтобы избежать загрязнения примесями. Процесс мокрого легирования используется для однородных композитных частиц путем формирования распылительной сушки, что увеличивает равномерность распределения присадок.

Установите систему онлайн-мониторинга для корректировки коэффициентов в режиме реального времени для обеспечения постоянства допинга.

Оптимизируйте управление документами, используйте вакуумную упаковку и влагопоглотители для изменения стабильности присадок.

Внедрите управление качеством участников и регистрируйте регистрацию и обработку каждой части припайки с помощью цифровой системы идентификации.

Прогресс и развитие исследований:

Технология легирования композитных материалов оптимизирует работу электродов за счет одновременного добавления нескольких оксидов редкоземельных элементов, таких как оксид лантана и оксид иттрия, для измерения эффективности инициирования дуги и стабильности при высоких температурах.

Разработка наноразмерных частиц (размер частиц < 50 нм) значительно улучшает эффективность легирования и характеристики электродов, что сделало их приспособленными для высокоточной сварки.

Методы получения зеленых веществ, такие как биосинтез, проводят эксперименты по синтезу оксида иттрия или оксида лантана для восстановления экологически чистых органических отходов в жидком состоянии.

Интеллектуальная система легирования оптимизирует пропорции и распределения с помощью алгоритмов искусственного интеллекта, повышая эффективность производства.

4.2 Процесс порошковой металлургии цериевого вольфрамового электрода

Порошковая металлургия является базовой технологией подготовки цериевых вольфрамовых электродов, в ходе которой сырой порошок превращается в заготовки из высокопрочных электродов высокой плотности с помощью трех этапов: перемешивание и легирование, прессование и высокотемпературное спекание. Проектирование технологического процесса и управление каждым этапом напрямую влияет на микроструктуру и производительность изделия.

4.2.1 Процесс проведения и легирования

Процесс перемешивания легок предназначен для равномерного перемешивания вольфрамового порошка, оксида церия и других веществ с образованием композитного порошка, последовательного для прессования и спекания. Равномерное значение легирования имеет решающее значение для инициации дуги, стабильности дуги и прочности электрода, а также является ключевым звеном в обеспечении стабильных характеристик электрода.

Процесс обращения

Принцип процесса: смесь распределяется путем механического перемешивания или трехмерного движения для равномерного распределения порошка вольфрама, оксида церия и частиц присадок во избежание локальной сегрегации. Равномерное распределение частиц помогает поддерживать стабильную граничную структуру частиц в процессе выпечки, оптимизируя электрические и механические свойства электрода. В процессе перемещения учитываются физические свойства частиц (такие как светильники, размеры частиц, морфология) и стабильность, чтобы обеспечить сохранение и текучесть смешанного порошкового химиката.

Процесс:

Вольфрамовый порошок, оксид церия и добавки загружаются в смесительные установки в таких пропорциях, как V-образный смеситель, 3D-смеситель или планетарный смеситель.

Процесс изменения происходит в чистой среде, влажность окружающей среды должна контролироваться ниже 20%, а окружающая среда должна состоять из высокочистого азота или аргоны (чистота $\geq 99,999\%$) для предотвращения окисления.

После смешивания порошок пропускают через мелкое сито (200 ~ 400) для удаления крупных частиц или агрегатов для обеспечения мешка.

Детали процесса:

В смесях, оборудованных, необходимо использовать износостойкие материалы, такие как нержавеющая сталь или керамика, для изготовления внутренних стенок, чтобы предотвратить загрязнение. Скорость и траектория движения оборудования должны поддерживаться в соответствии с современным порошком для достижения наилучших результатов применения.

Время перемешивания регулируется в зависимости от размера частиц и типа оборудования, обычно это несколько часов, чтобы обеспечить хорошее диспергирование частиц без усиленного измельчения.

В процессе применения необходимо контролировать температуру и влажность окружающей среды, чтобы избежать попадания влаги или окисления порошка.

Влияющие факторы:

Время перемешивания: слишком короткое время может привести к неравномерному распределению частиц, влияющему на оригинальность легирования; Слишком длительное время может привести к агломерации частиц и снижению текучести порошка.

Тип оборудования: 3D-миксер обеспечивает более высокую эффективность колебаний за счет многоосевого движения, что значительно увеличивает видимость по сравнению с V-образным миксером.

Форма порошка: Сферические порошки снижают сыпучесть, способствуя повышению эффективности перемешивания и производительности выпечки. Частицы неправильной формы могут привести к локальной сегрегации.

Условия окружающей среды: высокая влажность или низкая чистота воздуха могут привести к окислению порошка, что влияет на качество перемешивания.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Контроль качества: Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) используется для анализа распределения частиц, а рентгенофлуоресцентная спектроскопия (РФА) используется для определения распределения компонентов. Однородность смеси должна быть микроскопической, чтобы обеспечить, что размеры частиц оксида церия будут небольшими. Регулярная калибровка смешанного оборудования и запись параметров калибровки могут помочь настроить стабильность процесса.

Предложения по оптимизации:

Отдайте предпочтение использованию 3D-миксеров или планетарных миксеров для повышения эффективности и эффективности переключения.

Сферические порошки (например, полученные методом распылительной сушки) используются для оптимизации сыпучести.

Была создана система онлайн-мониторинга для определения показателей смесей в реальном режиме времени с помощью датчиков и анализа данных.

Оптимизируйте среду применения с помощью инертных газов высокой чистоты и условий низкой влажности для предотвращения загрязнения порошком.

Реализуйте управление качеством участников и записывайте параметры процессов колебаний с помощью цифровой системы идентификации.

Прогресс и развитие исследований:

Технология ультразвукового излучения обеспечивает рассеивание частиц за счет высокочастотной вибрации, что значительно улучшает мощность излучения, что делает ее контактной для высокоточного производства электродов.

Интеллектуальная система колебаний анализирует распределение частиц с помощью алгоритмов искусственного интеллекта, регулирует скорость сети и время колебания, а также повышает эффективность.

Новое смесительное оборудование, такое как смесители с кипящими слоями, с принципом движения частиц через воздушный поток для получения более равномерных результатов.

Экологически чистые технологические процессы отвечают за развитие затрат на снижение энергопотребления и экологически чистый выхлопных газов.

Допинговое мастерство

Влажное легирование:

Принцип процесса: оксид церия и добавки растворяются в растворе (например, растворе азотной кислоты или соляной кислоты), композитные частицы посредством распылительной сушки, которая перемещается с вольфрамовым порошком. Мокрое легирование позволяет оценить дисперсию и измерить количество частиц при подсчете жидкой фазы, помогая построить стабильную граничную структуру частиц.

Технологический процесс: Оксид церия и добавки растворяются с образованием исходного раствора, при этом мелкие частицы производятся с помощью оборудования для распылительной сушки, которые затем перемешиваются с вольфрамовым порошком. Процесс перемешивания должен проводиться в атмосфере высокой чистоты во избежание окисления.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Детали процесса: Распылительная сушка требует регулировки отверстий форсунки, скорости подачи и температуры сушки для обеспечения равномерной формы частиц. Концентрация раствора должна точно контролироваться, чтобы избежать агломерации частиц. Смесительное оборудование должно быть оснащено высокоэффективной системой перемешивания, обеспечивающей достаточное содержание композитных частиц и вольфрамового порошка.

Сухой способ легирования:

Принцип процесса: Непосредственно сухая смесь вольфрамового порошка, оксида церия и распределения частиц посредством механического перемешивания. Процесс сухого легирования простоты и стоимости ниже, но привлекательность немного уступает лидерству влажного легирования.

Ход процесса: Порошок загружается в оборудование и равномерно перемешивается с помощью высокоинтенсивного перемешивания. После смешивания порошок просеивается для удаления агломератов.

Детальный процесс: Для сухого перемешивания требуется использование высокоточного смесительного оборудования для обеспечения равномерного распределения частиц. В процессе работы необходимо контролировать скорость компьютера и время, чтобы избежать чрезмерного измельчения и поломки частиц.

Влияющие факторы:

Концентрация раствора: Слишком высокая концентрация раствора при влажном стирке может привести к агломерации частиц, что влияет на автономность.

Условия сушки: Температура и скорость воздушного потока при распылительной сушке должны быть соблюдены для формирования однородных сферических частиц.

Точность оборудования: эффективность перемешивания и регулировка скорости смесительного оборудования зависит от оригинальности легирования.

Характеристики порошка: Плотность и морфология различных частиц могут привести к неравномерному легированию, поэтому их необходимо корректировать с помощью предварительной обработки.

Контроль качества: SEM используется для анализа распределенных частиц, а XRF определяет основные компоненты. Однородность легирования требует микроскопического анализа, чтобы убедиться, что распространение оксида церия и распространение невелико.

Предложения по оптимизации:

Влажное легирование направлено на улучшение распределения частиц.

Оптимизируйте параметры распылительной сушки для обеспечения морфологической регулярности частиц композита.

Используйте высокоточное смесительное оборудование для контроля дальности легирования в режиме реального времени.

Для оптимизации процесса анализа данных счета была создана база данных по параметрам допинга.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Прогресс и развитие исследований:

Технология наноразмерного легирования значительно повышает эффективность легирования и оптимизирует работу электродов за счет использования наноразмерного оксида церия и энергии.

Интеллектуальная система легочного режима регулирует параметры процесса, отслеживает распределение частиц и компонентов соединения в реальном режиме времени.

Новое легирующее оборудование, такое как ультразвуковые распылительные сушилки, обеспечивает более равномерное распределение частиц.

Процесс «зеленого» легирования выбросов окружающей среды за счет использования экологически чистых растворителей и оборудования с низким энергопотреблением.

4.2.2 Технология прессования

Прессование является ключевой частью процесса порошковой металлургии путем применения высокого давления для превращения смешанного порошка в заготовку высокой плотности, что приводит к получению результирующей смеси для последовательного спекания.

Процесс прессования

Принцип процесса: Холодное изостатическое прессование (CIP) приводит к тому, что частицы порошка плотно соединяются под постоянным давлением, образуя заготовку с свечением около 50% ~ 60% от теоретической плотности. Процесс обработки должен обеспечить, чтобы пресс-заготовка не имела трещин, расслаивалась и имела равномерную освещенность, чтобы обеспечить хорошие начальные условия для выпечки. В процессе прессования и пластической деформации между частицами происходит то, что порошок образует плотную структуру, которая влияет на светильник и механическую прочность конечного электрода.

Процесс:

Смешанный порошок загружается в высокоэластичную резиновую форму и помещается в оборудование для холодного изостатического прессования.

После применения высокого давления заготовка впоследствии осуществляется на внутренние дефекты, такие как трещины или расслоения, с помощью неразрушающего контроля.

После хранения в прессе в сухой среде, чтобы предотвратить выделение влаги или загрязнение.

Детали процесса:

Оборудование для безразборной мойки должно быть оснащено высокоточными датчиками давления и вакуумными цепями, чтобы обеспечить достаточное давление. Диапазон давления для характеристик порошка, обычно в сотнях мегапаскалей.

Форма материала должна быть высокоэластичной (например, силиконовый каучук или полиуретан), чтобы выдерживать высокое давление и обеспечивать однородную форму заготовки.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

В процессе прессования следует контролировать влажность окружающей среды (<20%) и температуру (<25°C), чтобы предотвратить впитывание влаги порошком.

Влияющие факторы:

Размер давления: Соответствующее давление может увеличить светильники, слишком высокое давление может привести к растрескиванию формы или поломке частицы, слишком низкое давление может привести к недостаточной прочности.

Сыпучость порошка: Сферические порошки обладают более высокой сыпучестью, что повышает эффективность прессования и уменьшает количество внутренних дефектов.

Конструктивные формы: прессовая и упругая формы напрямую влияют на качество формования заготовки и должны быть сохранены в соответствии с размером электрода.

Свойства порошка: распределение частиц по размерам и морфология частиц влияют на перегруппировку частиц и эффективность связывания в процессе прессования.

Контроль качества: Рентгеновский неразрушающий контроль (НК) используется для проверки внутренних дефектов в заготовках, а плотнометры измеряют освещение заготовок для обеспечения защиты. Микроскопический анализ используется для оценки сцепления частиц и обеспечения стабильности структуры.

Предложения по оптимизации:

Оптимизируйте давление и время удержания для балансировки плотности заготовок и срока службы штампа.

Используйте специальное оборудование для безразборной мойки для измерения стабильности прессования и эффективности производства.

Сферический порошок используется для повышения эффективности прессования и качества продукции.

Для оптимизации процесса анализа данных была создана база данных параметров прессования.

Внедрите систему онлайн-мониторинга для определения распределения давления и качества заготовок в режиме реального времени.

Прогресс и развитие исследований:

Горячее изостатическое прессование (ГИП) еще больше позволяет применять прибор за счет высоких температур и давлений, что делает его пригодным для производства высокопроизводительных электродов.

Интеллектуальная система нажатия позволяет регулировать параметры процесса, отслеживая давление и плотность в режиме реального времени.

Новое прессовое оборудование, такое как высокочастотные вибрационные прессы, может повысить эффективность перегруппировки частиц и уменьшить количество внутренних дефектов.

Процесс «зеленого» прессования приводит к производственному воздействию на окружающую среду за счет оптимизации конструкции оборудования и управления энергопотреблением.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

CTIA GROUP LTD

Cerium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Cerium Tungsten Electrode

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO_2). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

2. Features of Cerium Tungsten Electrode

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

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

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

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

3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode

Type	CeO_2 Content	Color Code	Density (g/cm^3)	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Cerium Tungsten Electrode

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

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

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

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

4.2.3 Процесс выпечки (высокотемпературное выпекание и регулирование атмосферы)

Спекание является ключевым этапом в преобразовании прессованных заготовок в электроды высокой плотности, частицы соединяются в плотную структуру с помощью высокотемпературной обработки, которая является основным звеном процесса порошковой металлургии.

Высокотемпературное выпекание

Принцип процесса: При высокой температуре (2000 ~ 2200 °C) частицы вольфрамового порошка объединяются за счет внешней диффузии, объемной диффузии и диффузии на границах зерна, а частицы оксида церия распадаются на границах зерна, образуя стабильную микроструктуру. Процесс выпечки требует контроля температуры, времени и атмосферы для обеспечения достаточного количества соединений, испускающих при этом испарение оксида церия или крупного зерна. Спеченный электрод должен иметь высокую температуру и отличную механическую прочность для обеспечения соответствия сварке.

Процесс:

Прессованная заготовка помещается в высокотемпературную печь для выпечки (например, молибденовую или вольфрамовую печь) и нагревается до горячей температуры в защитной атмосфере.

Держите в тепле при высоких температурах в течение определенного периода времени, чтобы обеспечить соединение частиц с последующим пониженным охлаждением, чтобы избежать термического стресса.

После спекания электродом исследуется размер и структура частиц с помощью микроскопического анализа, что обеспечивает стабильную производительность.

Детали процесса:

Печь для выпечки должна быть оснащена высокоточной системой контроля температуры для обеспечения устойчивости температуры (отклонение $\leq \pm 10^{\circ}\text{C}$). Нагревательные элементы, такие как молибден или вольфрам, должны быть устойчивы к высоким температурам и предотвращать загрязнение.

Время выдержки оптимизируется в зависимости от размера заготовки и свойств порошка, обычно это несколько часов, чтобы обеспечить полное сцепление частиц.

Процесс охлаждения проводится в инертной атмосфере для предотвращения окисления поверхности электрода.

Влияющие факторы:

Температура выпечки: Чрезмерная температура может привести к увеличению размера частиц и уменьшению химической прочности электрода; Слишком низкая температура может привести к недостаточному соединению частиц, которое возникает на светильнике.

Время выдержки: Необходимо слишком сбалансировать связывание частиц и испарение оксида церия, что может привести к длительной потере легированных материалов.

Свойства порошка: Размер мелких частиц и распределение частиц порошка повышают эффективность спекания.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Атмосфера в печи: Чистота воздуха и точки розового цвета напрямую влияют на качество выпечки, и их необходимо строго контролировать.

Контроль качества: Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) используется для анализа размера зерен и распределения частиц, рентгеновская дифракция (XRD) используется для контроля кристаллических структур, гарантируя отсутствие фазовых переходов или дефектов. Плотномеры измеряют свечи спеченных электродов, близкие к теоретическим значениям.

Предложения по оптимизации:

Оптимизируйте температуру выпечки и время выдержки, уравновесьте светильник и увеличьте размер зерна.

Для обеспечения повышенной температуры в плитах используется высокоточное оборудование для контроля температуры.

Для оптимизации процесса анализа данных счета была создана база данных параметров выпечки.

Внедрите систему онлайн-мониторинга для определения температуры и атмосферных условий в режиме реального времени.

Прогресс и развитие исследований:

При плазменном спекании (SPS) используется импульсный ток и высокое напряжение для быстрого спекания, что сокращает время и увеличивает освещение, что делает его пригодным для производства высокопроизводительных электродов.

Интеллектуальная система приготовления позволяет регулировать параметры процесса, контролируя температуру и атмосферу в режиме реального времени.

Новое агломерационное оборудование, такое как микроволновые печи для выпечки, обеспечивает более равномерный нагрев и снижает риск образования негабаритных зерен.

Процесс «зеленого» приготовления оказывает негативное воздействие на окружающую среду за счет снижения энергопотребления и очистки выхлопных газов.

Контроль атмосферы

Водородная защита:

Принцип процесса: Водород высокой чистоты служит преобразователем атмосферы для предотвращения окисления порошка вольфрама и оксида церия при высоких температурах, нарушая химическую стабильность электрода.

Детали процесса: Чистота Великобритании должна достичь более 99,999%, точка росы должна быть ниже -40°C, избегая загрязнения влагой или кислородом. Скорость потока воздуха в Великобритании должна соблюдаться в соответствии с размерами температуры и определять меры для обеспечения достаточной атмосферы.

Влияющие факторы: Стабильность чистоты и скорость потока напрямую влияют на качество выпечки, а низкая чистота воздуха может привести к образованию оксидов.

Вакуумное выпекание:

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Принцип процесса: Вакуумная окружающая среда снижает выбросы оксида церия за счет снижения содержания кислорода, что подходит для производства высокоточных электродов. Вакуумное спекание позволяет получать более мелкие зерна и улучшать характеристики электродов.

Детали процесса: Уровень вакуума должен поддерживаться на уровне ниже 10^{-3} Па, насосная система должна быть эффективной для поддержания низкого давления. Вакуумная печь должна быть оснащена высокоточным датчиком давления для обеспечения стабильного уровня вакуума.

Влияющие факторы: Стабильность уровня вакуума и содержание остаточного газа в печи влияют на качество выпечки и требуют строгого контроля.

Предложения по оптимизации:

В сотрудничестве с Конгрессом и вакуумным приготовлением строгий контроль атмосферы повышает производительность электродов.

Используйте газоанализатор для контроля чистоты атмосферы и точек роста в реальном режиме времени, чтобы обеспечить стабильную окружающую среду спекания.

Оптимизируйте освещение печей и повысьте эффективность циркуляции атмосферы.

Для оптимизации условий спекания посредством анализа данных была создана база данных для контроля атмосферы.

Прогресс и развитие исследований:

Технология выпечки в смешанной атмосфере оптимизирует выпечку и снижает потери оксида церия за счет соединений Великобритании и Аргона.

Интеллектуальная система контроля атмосферы регулирует параметры атмосферы в реальном режиме времени с помощью датчиков и алгоритмов искусственного интеллекта.

Новое оборудование для вакуумной выпечки, такое как сверхвысоковакуумные печи, может еще больше улучшить качество выпечки.

Процесс контроля «зеленой» атмосферы приводит к загрязнению окружающей среды за счет рекуперации выхлопных газов и оптимизации энергопотребления.

4.3 Технология обработки цериевого вольфрамового электрода

Последующие методы обработки включают каландрирование и волочение, шлифовку и обработку поверхности, резку и формовку, а также обработку спеченных заготовок в электродах, которые соответствуют стандартным размерам и качеству поверхности. Эти процессы имеют решающее значение для геометрической точности, чистоты поверхности и стабильности производительности электродов.

4.3.1 Процесс каландрирования и черчения

Процесс каландрирования

Принцип процесса: Горячая каландрация деформирует спеченную заготовку на прутках меньшего диаметра под воздействием высокой температуры и электрической силы, усиления света и механической прочности. Процесс каландрирования дополнительно оптимизирует зернистую структуру заготовки за счет многопроходной деформации, повышения ударной

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

вязкости и электрических свойств электрода.

Процесс:

Спеченная заготовка нагревается до высокой температуры в горячем каландре, а затем формируется в брусок с помощью нескольких проходов каландрирования.

После каландрирования брусок осматривают на поверхности, чтобы убедиться в отсутствии трещин или дефектов, а затем охлаждают и хранят.

Детали процесса:

В каландровых роликах необходимо использовать материалы высокой твердости (например, твердый сплав или керамика) для обеспечения долговечности и точности.

Процесс каландрирования происходит в защитной атмосфере (например, водороде или аргоне) для предотвращения внешнего окисления.

Величина деформации в каждом проходе должна контролироваться соответствующим образом, чтобы избежать трещин, вызванных концентрацией напряжений.

Влияющие факторы:

Температурное каландрирование: необходимо сбалансировать стойкость к деформации и качество поверхности, слишком высокая температура может привести к окислению, слишком высокая температура может привести к образованию трещин.

Деформация: умеренная деформация может улучшить внешний вид стержня, а чрезмерная деформация может привести к дефектам внутренней части.

Конструкция роликов: Форма и качество поверхности роликов зависят от геометрической точности стержня.

Характеристики заготовки: Плотность и микроструктура заготовки создают эффект каландрирования.

Контроль качества: оборудование для контроля поверхности, такое как лазерные дальнометры, используется для проверки размеров и качества поверхности стержня, микроскопический анализ измеряет структуру слоев. Плотнометры измеряют стержневую лампу, чтобы обеспечить соответствие теоретическим значениям.

Предложения по оптимизации:

Оптимизируйте температуру каландрирования и деформацию для обеспечения эффективности и качества баланса.

Автоматизированное каландровое оборудование используется для измерения точности размеров и эффективности производства.

Он использует высокоточную осветительную систему для обеспечения чистоты стержня поверхности ролика.

Для оптимизации процесса анализа данных была создана база данных параметров каландрирования.

Прогресс и развитие исследований:

Технология прецизионного каландрирования повышает качество прутка благодаря

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

высокоточным роликам и автоматическому управлению.

Интеллектуальная каландровая система управляет параметрами процесса, отслеживая регулировку средней деформации и температуры в режиме реального времени.

Новое каландровое оборудование, такое как многовалковые каландры непрерывного действия, обеспечивает большую эффективность и точность.

Процесс зеленого каландрирования оказывает негативное воздействие на окружающую среду за счет оптимизации энергопотребления и очистки выхлопных газов.

Процесс рисования

Принцип процесса: Горячее волочение растягивает каландрированный пруток через форму, полученную с помощью электрода стандартного диаметра. Процесс волочения оптимизирует качество поверхности и геометрическую точность стержня за счет множества деформаций, улучшения электрических свойств и использования электродов.

Процесс:

Каландрированный пруток нагревают до высокой температуры в нагревательных печах, а затем протягивают через форму для формирования электрода.

После волочения электрод затем наносится на поверхность предмета с наличием царапин или дефектов, затем охлаждается и хранится.

Детали процесса:

В волочильных штампах необходимо использовать материалы высокой твердости (такие как алмаз или карбид) для обеспечения долговечности и точности.

Смазочные материалы (такие как графитовая эмульсия или смазочные материалы на масляной основе), используемые в процессе волочения для отвода трения и защиты поверхности электрода.

Скорость вытягивания и температура должны быть соблюдены для обеспечения размера и качества поверхности электродов.

Влияющие факторы:

Вытягивание температуры: Баланс между температурой деформации и температурой поверхности, так как чрезмерные температуры могут привести к появлению поверхностных дефектов.

Конструктивные формы: Отверстие и шероховатость поверхности пресс-форм зависят от геометрической точности электрода.

Выбор смазочного материала: вязкость и плотность смазочного материала влияют на эффект рисования.

Характеристики стержня: Плотность и микроструктура стержня влияют на деформационное поведение во время волочения.

Контроль качества: лазерные дальнометры используются для определения диаметра электродов и качества поверхности, микроскопический анализ позволяет оценить структуру частиц. Измерители шероховатости поверхности измеряют шероховатость поверхности электродами для обеспечения соответствия требованиям.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Предложения по оптимизации:

Используйте высокоточные формы для обеспечения волочения для электродов одинаковых размеров.

Оптимизируйте рецептуру смазочного материала для устранения поверхностных дефектов.

Используйте управляемое тяговое оборудование для повышения эффективности и качества производства.

Для оптимизации процесса анализа данных была создана база данных по параметрам выдвигания.

Прогресс и развитие исследований:

Технология микровытяжки позволяет получать сверхтонкие электроды с помощью высокоточных пресс-форм, что делает их пригодными для прецизионной сварки.

Интеллектуальная система вытягивания регулирует параметры процесса, контролируя тяговое усилие и температуру в режиме реального времени.

Новое волочильное оборудование, такое как непрерывное волочение, обеспечивает большую эффективность и точность.

Процесс экологического волочения оказывает воздействие на окружающую среду за счет использования экологически чистых смазочных материалов и оптимизации энергопотребления.

4.3.2 Шлифовка, полировка и обработка поверхности.

Процесс шлифовки и полировки

Принцип процесса: Шлифовка и полировка угла конуса наконечника электрода (обычно 30° ~ 60°) с помощью механической обработки повышает производительность инициации дуги и стабильность дуги. Процесс шлифовки и полировки оптимизирует качество поверхности электрода и влияет на поверхностные дефекты дуги.

Процесс:

Электрод шлифуется с помощью алмазного шлифовального круга для создания нужного угла конуса.

Затем поверхность электрода обрабатывается полирующим оборудованием для доработки отделки.

После шлифовки электродом исследуется с помощью микроскопии угол конуса предмета и качество поверхности.

Детали процесса:

Шлифовка производится в охлаждающей жидкости (на водной или масляной основе) для предотвращения термического растрескивания. Охлаждающая жидкость должна поддерживаться при низкой температуре ($<30^{\circ}\text{C}$), чтобы избежать термического воздействия. Полировальное оборудование должно быть оснащено высокоточной системой контроля угла наклона для обеспечения постоянства угла конуса.

Размер частиц шлифовального круга необходимо выбирать в соответствии с размером электрода и требованиями к поверхности, обычно 200–400 меш.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Влияющие факторы:

Размер зерна колеса: слишком большое колесо может привести к шероховатой поверхности, в то время как слишком маленькое колесо может снизить эффективность.

Скорость шлифования: Избегайте термических повреждений или дефектов поверхности, вызванных повышенной скоростью.

Выбор охлаждающей жидкости: вязкость и теплопроводность охлаждающей жидкости влияют на эффект шлифовки.

Материал электрода: твердость и микроструктура электрода соответствуют сложности шлифовки.

Контроль качества: Микроскопы используются для проверки угла конуса и качества поверхности, а измерители шероховатости поверхности измеряют на отделке. НК изучает внутреннюю структуру электрода, чтобы убедиться в отсутствии трещин.

Предложения по оптимизации:

Автоматизированное шлифовальное и полировальное оборудование используется для улучшения консистенции, консистенции и чистоты поверхности.

Оптимизируйте рецепты охлаждающих жидкостей для воздействия на термические эффекты и загрязнения окружающей среды.

Создайте параметры данных шлифовки и полировки и оптимизируйте процесс с помощью анализа данных.

Для обеспечения качества шлифовки используется высокоточный шлифовальный круг.

Прогресс и развитие исследований:

Технология прецизионной шлифовки и полировки повышает качество поверхности электродов благодаря высокоточному оборудованию.

Интеллектуальная система шлифовки и полировки регулирует параметры процесса, контролирует угол шлифовки в режиме реального времени.

Новое шлифовальное и полировальное оборудование, такое как лазерные шлифовальные станки, обеспечивает большую точность и эффективность.

Процесс «зеленой» шлифовки и полировки оказывает негативное воздействие на окружающую среду за счет экологически чистых охлаждающих жидкостей и оптимизации использования энергопотребления.

Поверхностная обработка

Квашение:

Принцип процесса: Используйте кислоту (например, смесь азотной кислоты и фтористоводородной кислоты) для удаления оксидного слоя с поверхности электрода для улучшения поверхности и электрических свойств.

Ход процесса: Электрод погружают в раствор кислоты для обработки, затем промывают и сушат.

Детали процесса: Соотношение кислот и жидкостей и время обработки следует точно контролировать, чтобы избежать чрезмерной обработки. В процессе очистки следует

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

использовать деионизированную воду для предотвращения вторичного загрязнения.

Покрывтие:

Принцип процесса: Нанесите покрытия высокой твердости или антикоррозионные покрытия (такие как TiN или ZrO₂) для измерения остаточной и коррозионной стойкости электрода.

Технологический процесс: Нанесение тонкослойных покрытий методом физического осаждения из газовой фазы (PVD) или химического осаждения из газовой фазы (CVD), защита которого контролируется на микронном уровне.

Детали процесса: Покрытие должно быть однородным и бездефектным, а процесс осаждения должен происходить в условиях высокого вакуума.

Влияющие факторы :

Соотносящая кислота: Сбалансируйте очищающий эффект и защиту поверхности электрода.

Материал покрытия: твердость и химическая стабильность материала покрытия влияют на производительность электрода.

Условия осаждения: температура осаждения и уровень вакуума влияют на качество покрытия.

Предложения по оптимизации:

Выберите экологически чистый раствор для травления, чтобы уменьшить уровень отработанной жидкости.

Разработка новых материалов покрытий для улучшения характеристик электродов.

Для обеспечения равномерности покрытий используется автоматическое оборудование для нанесения покрытий.

Создание базы данных параметров обработки и оптимизации процесса.

Прогресс и развитие исследований:

Технология наноразмерных покрытий значительно увеличивает срок службы электродов за счет нанесения наноразмерных тонких пленок.

Интеллектуальная система обработки поверхности позволяет регулировать параметры процесса, контролировать толщину и качество покрытия в режиме реального времени.

Новое оборудование для нанесения покрытий, такое как CVD с плазменным излучением, обеспечивает более высокую точность и эффективность.

Процесс обработки зеленой поверхности оказывает негативное воздействие на окружающую среду за счет использования экологически чистых материалов и экономии энергопотребления.

4.3.3 Резка и задание формы

Процесс резки

Принцип процесса: Тянутый стержень разрезается на стандартные длины (75 ~ 600 мм) с помощью лазерной резки или сварочной проволоки для обеспечения геометрической точности и качества торцевой поверхности электрода. В процессе резки избегаются зоны термического воздействия и дефекты поверхности.

Процесс:

Тянутый пруткок разрезается на заданную форму с помощью высокоточного режущего

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

оборудования, такого как станки для лазерной резки или электроэрозионные станки. После того как электрод слегка коснется поверхности, чтобы убедиться, что торцевая поверхность плоская и не имеет заусенцев или трещин.

Детали процесса:

Лазерная резка требует высокой производительности и скорости для обеспечения качества лица. Электроэрозионная обработка должна контролировать зазор электродов и параметры разряда.

Процесс следует проводить в охлаждающей жидкости или в защитной атмосфере во избежание термических повреждений.

Влияющие факторы:

Режущая способность: Эффективность и качество поверхности должны быть сбалансированы, так как слишком высокая мощность может привести к образованию зоны термического воздействия.

Резкая скорость: избегайте потери точности из-за повышенной скорости.

Материал электрода: твердость и микроструктура электрода соответствуют жесткости резки.

Контроль качества: лазерные дальнометры используются для определения длины электродов и плоскости поверхности, качество поверхности затем оказывается под микроскопом. НК изучает внутреннюю структуру, чтобы убедиться в отсутствии трещины.

Предложения по оптимизации:

Используйте высокоточное оборудование для лазерной резки для улучшения качества торцевой поверхности.

Оптимизированные параметры ножей для рабочей зоны домашнего хозяйства.

Для повышения эффективности производства используется более серьезное оборудование.

Создавайте параметры данных параметров резания и оптимизируйте процесс с помощью анализа данных.

Прогресс и развитие исследований:

Технология сверхточной резки повышает плоскостность поверхности за счет высокоточной лазерной резки или резки проволокой.

Интеллектуальная резцовая система регулирует параметры процесса, контролирует усилие и скорость резки в реальном режиме времени.

Новое острое оборудование, такое как фемтосекундные лазерные резки, обеспечивает большую точность и эффективность.

Процесс «зеленой» рубки оказывает негативное воздействие на окружающую среду с целью оптимизации энергопотребления и утилизации отходов.

Процесс формовки

Принцип процесса: Корректирует прямолинейность электрода с помощью специального приспособления для обеспечения геометрической точности в процессе сварки. Процесс

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

формовки оптимизирует стабильность формы электрода и уменьшает смещение дуги.

Процесс:

После затяжки электрод корректируется на прямолинейность с помощью гидравлических или механических креплений.

После формовки электрод обнаруживается лазерным дальномером для обеспечения соответствия требованиям.

Детали процесса:

Приспособление должно быть задано с высокой высотой, чтобы обеспечить коррекцию эффекта. Материал приспособления должен быть прочным и прочным.

Процесс формования должен проводиться в чистой окружающей среде, чтобы предотвратить загрязнение.

Влияющие факторы:

Конструкция приспособления: Точность и жесткость приспособления влияют на коррекцию эффекта.

Материал электрода: Твердость и пластичность электрода соответствуют требованиям стандартной формы.

Корректирующая сила: Чрезмерное напряжение должно предотвращать деформацию или растрескивание электрода.

Контроль качества: лазерные дальномеры используются для определения прямолинейности, а микроскопы проверяют качество поверхности. НК изучает внутреннюю структуру, чтобы убедиться в отсутствии в ней дефектов.

Предложения по оптимизации:

Используйте рабочее оборудование для формовки для повышения эффективности и коррекции точности.

Оптимизируйте приспособление для освещения для более широкой коррекции.

Для оптимизации процесса анализа данных была создана база данных параметров стереотипов.

Прогресс и развитие исследований:

Технология прецизионного формования повышает точность коррекции благодаря высокоточным приспособлениям и управляемому управлению.

Интеллектуальная система формирования позволяет регулировать параметры процесса, контролируя усиление коррекции и прямолинейность в режиме реального времени.

Новое формовочное оборудование, такое как электромагнитные установочные машины, обеспечивает большую производительность и точность.

Процесс «зеленого» формирования оказывает негативное воздействие на окружающую среду для оптимизации энергопотребления и утилизации отходов.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

4.4 Контроль качества и оптимизация технологического процесса цериевых вольфрамовых электродов

Контроль качества и оптимизация процесса являются ключевыми аспектами обеспечения стабильности и надежности работы церий-вольфрамовых электродов, включая контроль включения состава, анализ микроструктуры и оптимизацию технологических параметров. Каждое звено должно быть протестировано и обработано, чтобы убедиться, что электрод соответствует требованиям высокопроизводительной сварки.

4.4.1 Контроль качества состава

Принцип процесса: Однородность состава напрямую влияет на граничные явления оксида зерна церия в вольфрамовой матрице, что, в свою очередь, влияет на характеристики инициирования дуги, стабильность дуги и механическую прочность электрода. Равномерное распределение легирующих примесей создает стабильную граничную структуру частиц, оптимизируя электрические и тепловые свойства электрода. Неравномерный состав может привести к локальным колебаниям характеристик, что влияет на качество сварного шва.

Способ контроля:

Рентгенофлуоресцентная спектроскопия (РФА) используется для определения распределения компонентов, определения равномерных уровней оксида церия и других веществ.

С помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) анализируется распределение частиц и измеряется дальность легирования.

Методы мокрого легирования и 3D-смешивания улучшают эффективность состава за счет вращения жидкой фазы и многоосевого движения.

Детали процесса:

Смесительное оборудование должно быть установлено с высокой высотой, чтобы обеспечить соблюдение требований к частицам. Процесс перемешивания должен проводиться в атмосфере высокой чистоты во избежание окисления.

Система онлайн-мониторинга обнаруживает все составляющие в режиме реального времени с помощью датчиков и анализа данных, а также позволяет регулировать параметры колебаний. Процесс легирования требует оптимизации расхода раствора и параметров распылительной сушки для обеспечения защиты от пыли частиц композита.

Влияющие факторы:

Процесс перемешивания: трехмерный смеситель демонстрирует оригинальность за счет многоосевого движения, что лучше, чем у традиционных V-образных смесителей.

Метод легирования: Мокрое легирование обеспечивает более высокий уровень измерения жидкой фазы, подходящий для высокоточных электродов.

Характеристики порошка: Размер и морфология частиц влияют на эффективность легирования, и их следует сохранять с помощью предварительной обработки.

Условия приготовления: температура и окружающая среда приготовления зависят от различных частиц, и их следует строго контролировать, чтобы избежать сегрегации.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Предложения по оптимизации:

Для улучшения внешнего вида приоритет отдается технологии влажного легирования и трехмерного вращения.

Используйте высокоточное смесительное оборудование для обеспечения равномерного распределения частиц.

Настройте систему онлайн-мониторинга для корректировки параметров перемещения и легирования в режиме реального времени.

Оптимизируйте процесс приготовления и снижьте риск сегрегации частиц.

Создайте основы данных о единообразии состава и оптимизируйте процесс с помощью анализа данных.

Прогресс и развитие исследований:

Интеллектуальная система управления компонентами анализирует распределение частиц с помощью алгоритмов искусственного интеллекта и модулирует параметры изменения и легирования.

Технология наноразмерного легирования демонстрирует принципиальность за счет использования наноразмерного оксида церия и технологии.

Новое оборудование для обнаружения, такое как RFA с высокими технологиями, обеспечивает еще более высокую точность анализа состава.

Процесс «зеленого» легирования выбросов в окружающую среду за счет использования экологически чистых растворителей и оборудования с низким энергопотреблением.

4.4.2 Анализ микроструктуры (SEM, XRD и т.д.)

Принцип процесса: Анализ микроструктуры Позволяет оценить размеры частиц, распределение частиц и кристаллическую структуру электрода с помощью микроскопии и дифракционных методов, чтобы убедиться в его соответствии требованиям к различным характеристикам. Размер частиц и распределение легочных частиц напрямую влияют на механическую прочность и электрические свойства электрода, которые необходимо корректировать с помощью высокоточного анализа.

Метод анализа:

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) используется для наблюдения за различиями частиц оксида церия и размера зерна, а также для измерения выбросов микроструктур.

Рентгеновская дифракция (XRD) обнаруживает кристаллическую структуру вольфрамовой матрицы и оксида церия, гарантируя отсутствие фазовых переходов или дефектов.

Дифракция обратного рассеяния электронов (EBSD) позволяет анализировать граничные свойства зерен для оптимизации механических свойств электродов.

Детали процесса:

Анализ СЭМ требует использования оборудования с низким уровнем развития, чтобы обеспечить точное измерение распределения частиц и размера частиц.

Для анализа дифрактометра требуется защитная подготовка образцов , чтобы избежать загрязнение поверхности или повреждения , влияющих на результаты .

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Анализ ЭБСД результат в условиях высокого вакуума для обеспечения точность данных границы зерен .

Влияющие факторы:

Аналитическое оборудование: точность и точность оборудования напрямую влияют на результаты анализа.

Подготовка образца: качество поверхности и обращение с образцом для точного микроскопического анализа.

Условия процесса: температура и окружающая среда приготовления влияют на размеры частиц и распределение частиц, которые необходимо адаптировать с помощью анализа.

Предложения по оптимизации:

Используйте оборудование SEM и XRD с высокой степенью точности для определения аналитической точности.

Оптимизируйте процессы подготовки образцов для обеспечения качества поверхности.

Была создана база данных микроструктуры для оптимизации процессов с помощью анализа данных.

Внедрите онлайн-систему микроскопического анализа для микроструктур Диптихов в режиме реального времени.

Прогресс и развитие исследований:

Технология EBSD с высокой степенью оптимизирует производительность электродов для анализа граничных свойств зерен.

Интеллектуальная система микроскопического анализа анализирует микроструктуру с помощью алгоритмов искусственного интеллекта и корректирует параметры процесса.

Новое аналитическое оборудование, такое как синхротронный дифрактометр, обеспечивает более высокую точность анализа кристаллической структуры.

Экологические аналитические процессы снижают воздействие на окружающую среду за счет оптимизации пробоподготовки и энергопотребления оборудования.

4.4.3 Оптимизация технологических параметров

Принцип процесса: Оптимизация параметров процесса повышает производительность электродов и эффективность производства за счет регулировки параметров перемешивания, прессования, спекания и других звеньев. Оптимизированные параметры приводят к созданию стабильной микроструктуры, которая улучшает электрические и механические свойства электродов.

Метод оптимизации:

Комбинация параметров была рассчитана с использованием ортогональных экспериментальных методов для оценки различных параметров производительности электродов.

Компьютерное исследование предсказывает эффект оптимизации параметров при создании модели процесса.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Система онлайн-мониторинга корректирует параметры в режиме реального времени, чтобы обеспечить стабильность процесса.

Детали процесса:

К основным параметрам относятся время приготовления, давление прессования, температура выпечки и атмосферные условия, которые необходимо корректировать с помощью экспериментов и исследований.

Оптимизация процессов требует баланса между повышением производительности и производственными затратами для обеспечения экономической эффективности.

База данных параметров записывает данные о производительности в различных условиях процесса для оптимизации процесса.

Влияющие факторы:

Выбор параметров: Параметры различных звеньев процесса различаются друг от друга и должны быть сохранены в системе.

Точность оборудования: надежность и точность управления зависят от параметров регулировки эффекта.

Свойства порошка: размер частиц и морфология порошка влияют на параметры оптимизации.

Предложения по оптимизации:

Компьютерное технологическое исследование используется для определения параметров оптимизации модели технологического процесса.

Внедрите систему онлайн-мониторинга для корректировки параметров процесса в режиме реального времени.

Создавайте параметры оптимизации данных и управляйте производством с помощью анализа данных.

Оптимизируйте осветительное оборудование и повысьте точность управления.

Прогресс и развитие исследований:

Технология цифровых двойников оптимизирует некоторые параметры и повышает эффективность процесса расчета.

Интеллектуальная система оптимизирует анализ влияния параметров с помощью алгоритмов искусственного интеллекта и активирует корректировку процесса.

Новые методы оптимизации, такие как оптимизация процессов на основе машинного обучения, обеспечивают более точное управление параметрами.

Процесс «зеленой» оптимизации обеспечивает необходимое развитие за счет сокращения потребления энергии и отходов.

4.5 Передовая технология производства цериевого вольфрамового электрода

Передовые производственные технологии повышают эффективность производства и производительность цериевых вольфрамовых электродов за счет разработки новых процессов и оборудования для обеспечения качества высокоточной сварки. Эти технологии, включая нанолегирование, плазменное выпекание и интеллектуальное производство,

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

открывают будущее направление производства электродов.

4.5.1 Технология нанолегирования

Принцип процесса: Технология нанодопинга повышает оригинальность использования легирования и эффективности электродов за счет наноразмерного оксида церия (размер частиц < 100 нм) и воздействия. Высокая приземная энергия и дисперсия наночастиц оптимизируют граничную структуру зерен, улучшают характеристики дугового разряда и стабильность электрода при высоких температурах.

Процесс:

Наноразмерный оксид церия перемещается с порошком вольфрама посредством влажного легирования с образованием однородных композитных частиц.

Процесс перемещения раскрывает уникальность частиц благодаря технологии ультразвукового диспергирования.

Легированный порошок высушивается распылением с образованием сферических частиц, оптимизирующих подачу.

Детали процесса:

Ультразвуковая дисперсия требует оптимизации частоты и времени для обеспечения равномерного распределения наночастиц.

При распылении сушки необходимо контролировать размер форсунки и температуру сушки для образования регулярных частиц.

Процесс легирования должен проводиться в атмосфере высокой чистоты во избежание окисления.

Влияющие факторы:

Контроль размера частиц: Размер наночастиц необходимо строго контролировать, чтобы избежать агломерации.

Методы диспергирования: Эффективность ультразвукового пергирования влияет на степень диспергирования.

Свойства раствора: Концентрация и вязкость раствора влияют на эффективность распылительной сушки.

Контроль качества: Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) используется для анализа распределения наночастиц, а РФА определяет количество компонентов. Система онлайн-мониторинга корректирует параметры допинга в режиме реального времени.

Предложения по оптимизации:

Оптимизация параметров ультразвуковой дисперсии для улучшения равномерности распределения наночастиц.

Используйте высокоточное оборудование для распылительной сушки для правильного обеспечения морфологии частиц.

Для оптимизации процесса с помощью анализа данных была создана база данных

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

нанодопинговых параметров.

Внедрите систему онлайн-мониторинга для определения критериев допинга в режиме реального времени.

Прогресс и развитие исследований:

Технология композитного нанолегирования оптимизирует характеристики электродов за счет одновременного добавления нескольких наноразмерных оксидов редкоземельных элементов. Интеллектуальная система легирования анализирует распределение частиц с помощью алгоритмов искусственного интеллекта и изменяет параметры процесса.

Новое легирующее оборудование, такое как ультразвуковые распылительные сушилки, позволяет обеспечить больший контроль над частицами.

Процесс «зеленого» легирования выбросов в окружающую среду за счет использования экологически чистых растворителей и оборудования с низким энергопотреблением.

4.5.2 Технология плазменного выпечки

Принцип процесса: При плазменном спекании (SPS) порошок быстро спекается под импульсным током и высоким напряжением с образованием электрода высокой плотности. SPS обеспечивает соединение частиц со счетом локальных высокотемпературных и плазменных эффектов, согласование времени спекания и роста зерна.

Процесс:

Прессованная заготовка помещается в оборудование SPS и выпекается при высокой температуре и давлении.

После спекания электрод исследует размер и структуру частиц с помощью микроанализа.

Детали процесса:

Оборудование SPS должно быть оснащено высокоточными цепями контроля температуры и давления для обеспечения равномерности приготовления.

Процесс выпечки должен осуществляться в атмосфере высокой чистоты во избежание окисления.

Время приготовления необходимо сократить, чтобы сбалансировать освещение и увеличить размер зерен.

Влияющие факторы:

Температурное спекание: необходимо соблюдать увеличение размера зерна, вызванное повышенной температурой.

Контроль давления: Неправильное давление может увеличить светильник, слишком высокое давление может привести к слишком повреждению оборудования.

Свойства порошка: Мелкий размер частиц и равномерность распределения порошка повышают эффективность SPS.

Контроль качества: SEM и XRD анализируют размер и структуру частиц, плотномеры измеряют с помощью настольных электродов. Система онлайн-мониторинга регулирует

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

параметры выпечки в режиме реального времени.

Предложения по оптимизации:

Оптимизируйте параметры температуры и давления SPS для увеличения конфигурации электродов.

Используйте атмосферу высокой чистоты, чтобы снизить риск окисления.

База данных параметров SPS была создана для оптимизации процесса с помощью анализа данных.

Внедрите систему онлайн-мониторинга для определения условий спекания в режиме реального времени.

Прогресс и развитие исследований:

Сверхбыстрая технология SPS повышает эффективность за счет сокращения времени приготовления.

Интеллектуальная система SPS позволяет регулировать параметры процесса, контролируя температуру и давление в режиме реального времени.

Новое оборудование СПС, такое как многоимпульсный СПС, обеспечивает более точное управление спеканием.

Процесс «зеленой» СЭС оказывает воздействие на окружающую среду за счет оптимизации энергопотребления и очистки выхлопных газов.

4.5.3 Интеллектуальное производство и автоматизация

Принцип процесса: Интеллектуальное производство оптимизирует производственные процессы с помощью искусственного интеллекта, датчиков и автоматического оборудования, повышая эффективность и качество. Автоматизированная система обеспечивает стабильность технологических параметров и постоянство работы электродов за счётчиками и анализ данных в режиме реального времени.

Процесс:

Датчики следят за параметрами в варке, прессовании, спекании и других звеньях, алгоритмы искусственного интеллекта анализируют данные и корректируют процесс.

Автоматизированное оборудование, такое как роботы и конвейерные ленты, обеспечивает непрерывную работу производственной линии.

Детали процесса:

Датчики должны быть установлены с высоким уровнем точности, чтобы обеспечить точность данных.

Системы искусственного интеллекта оптимизируют параметры процесса с помощью машинного обучения.

Оборудование для автоматизации должно быть интегрировано с производственными компонентами для обеспечения эффективной работы.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Влияющие факторы:

Датчик точности: Датчик качества данных влияет на эффект Диптихи.

Проектирование алгоритмов: Способность алгоритмов искусственного интеллекта к оптимизации влияет на процесс корректировки эффектов.

Совместимость оборудования: Оборудование для автоматизации должно быть адаптировано к существующим производственным линиям.

Контроль качества: Система онлайн-мониторинга определяет параметры процесса и качества продукции в режиме реального времени, база данных записывает производственные данные. Микроскопический анализ и экономические испытания контролируют, что приборы соответствуют предъявляемым требованиям.

Предложения по оптимизации:

Технология цифровых двойников внедряется для моделирования производственного процесса и оптимизации процесса.

Используйте высокоточные датчики для измерения эффективности Диптихов.

Оптимизируйте алгоритмы искусственного интеллекта для настройки параметров точности.

Создайте интеллектуальную производственную базу данных и оптимизируйте процессы с помощью анализа данных.

Прогресс и развитие исследований:

Технологии Индустрии 4.0 повышают эффективность производства за счет интернет-вещей и аналитики больших данных.

Интеллектуальная производственная линия автоматизирует весь процесс с помощью роботов и автоматизации оборудования.

Новое оборудование для Диптихов, такое как интегрированные системы с несколькими датчиками, позволяет осуществлять мониторинг в режиме реального времени с более высокой точностью.

Экологические интеллектуальные и интеллектуальные процессы снижают воздействие на окружающую среду за счет снижения энергопотребления и утилизации отходов.



Глава 5 Использование цериевых вольфрамовых электродов

Обладая высокопроизводительным неплавящимся электродом, цериевый вольфрамовый электрод открыл широкий спектр применения в сварочных и несварочных областях благодаря своим превосходным характеристикам дугового разряда, стабильности дуги и деформации при высоких температурах. Его легированные свойства оксида церия делают его превосходным в различных процессах, особенно подходящих для применения в высокоточных и высокотемпературных средах. В этой главе систематически обсуждается применение цериевых вольфрамовых электродов с четырьмя аспектами: сварочные приложения, несварочные приложения, области применения и специальные случаи применения, а также подробно анализируются принципиальные процессы, технические процессы, влияющие факторы, оптимизация стратегии и будущие тенденции развития каждого использования.

5.1 Применение при сварке цериевых вольфрамовых электродов

Основными областями применения цериево-вольфрамовых электродов при сварке являются сварка в среде инертного газа (TIG), плазменно-дуговая сварка и сварка слабым током. Его работа по улету электронов (около 2,5 эВ) и отличная термическая стабильность делают его идеальным для высокоточной пайки. Ниже приводится подробный анализ трех случаев проявления.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

5.1.1 Технология TIG

Принцип процесса

Сварка в среде инертного газа (TIG, вольфрамовая сварка инертным газом), также известная как аргонодуговая сварка, представляет собой метод сварки, при котором используется неплавящийся вольфрамовый электрод для создания дуги под передачей инертного газа, такого как аргон или гелий. Основная роль церий-вольфрамовых электродов при сварке TIG заключается в обеспечении стабильной дуги, которая инициирует и поддерживает высокотемпературную дугу (6000 ~ 7000 K) за счет термоэмиссионной воздействия для плавления заготовок и присадочных материалов. Легирование оксидом церия снижает работу электрода при утечке электронов, что приводит к резкому воспламенению дуг при низких токах, постоянному повышению стабильности и устойчивости дуги и уменьшению загрязнения расплава, что особенно подходит для сварки высокоточных или высокоактивных металлов.

Характеристики дуги: Низкая работа цериевых вольфрамовых электродов по убеганию электронов Позволяет им зажигать дугу при более низких напряжениях, сокращая время зарождения дуги и потерь на электродах. Частицы оксида церия обеспечивают стабильную стабильную точку на поверхности электрода, способствуя термоэмиссионному воздействию и оптимизируя направленность и стабильность дуги.

Действие защитного газа: Газообразный аргон действует как основная защита газа, предотвращая окисление или азотирование жидкого раствора в резервуаре путем подачи кислорода и азота в атмосферу. Гелий может повысить температурную дугу и способствовать проникновению в некоторые кабели с высоким теплообеспечением.

Применяемые материалы: цериевые вольфрамовые электроды, предназначенные для сварки нержавеющей стали, алюминиевого сплава, магниевое сплава, титанового сплава и других материалов и широко используемые в проводах с соблюдением строгих эстетических требований.

Технический процесс

Подготовка электрода: выберите церий-вольфрамовый электрод (1,04,0 мм) соответствующего диаметра в соответствии с изгибом и толщиной сварки и отшлифуйте конус под соответствующим углом (30°60°) для оптимизации стабильности дуги. Поверхность электрода необходимо протравить или отполировать, чтобы удалить оксидный слой и обеспечить работу дугового разряда.

Настраиваемое оборудование: Сварочное оборудование для сварки TIG должно быть оснащено высокочастотным устройством инициирования дуги и системой контроля стабильного тока. Положительная полярность постоянного тока (DCEN) обычно используется в большинстве металлов, а переменный ток используется в алюминиевых сплавах для удаления оксидных пленок.

Процесс сварки: Подключите аргону или гелий между электродом и заготовкой, завязывает электрическую дугу, и оператор контролирует положение дуги и подачу тепла с помощью сварочной горелки. Наполнитель (при необходимости) подается ручными или автоматическими устройствами подачи проволоки.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Последующая обработка: После завершения сварки проверьте качество сварного шва, чтобы убедиться в отсутствии пористости, трещин или шлаковых включений. Электрод необходимо регулярно проверять и повторно шлифовать для поддержания угла конуса и качества поверхности.

Детали мастерства

Угол конуса электрода: размер угла конуса влияет на сопротивление и ведет к проникновению дуги. Меньшие углы конуса (например, 30°) ориентированы для низкоточной прецизионной сварки, в то время как большие углы конуса (например, 60°) ориентированы для высокоточной сварки с внутренним проплавлением.

Поток защитного газа: Расход газообразного аргона должен соответствовать величине сварочной горелки и сварочной интенсивности, обычно 8 ~ 15 л/мин. Чрезмерный расход может привести к нарушению воздушного потока, что нарушает стабильность дуги; Слишком низкий расход может быть ограничен для защиты бассейна от расплавления.

Тип и полярность тока: положительная полярность постоянного тока (DCEN) сохраняет электрод холодным и продлевает его срок службы; Переменный ток очищает оксидную пленку на поверхности алюминиевого сплава путем периодического изменения полярности.

Контроль окружающей среды: Зона сварки должна храниться в сухом и защищенном от ветра месте, чтобы избежать повреждения газозащитного эффекта. Цех должен быть оборудован высокоэффективной системой вентиляции для предотвращения накопления вредных газов.

Влияющие факторы

Качество электрода: чистота, уровень оксида церия и качество поверхности электрода напрямую влияют на производительность инициации дуги и стабильность дуги. Неравномерное легирование может привести к дрожанию дуги или повышенному выгоранию.

Чистота защитного газа: Чистота аргона или гелия ($\geq 99,99\%$) имеет решающее значение для защитного эффекта бассейна. Последующие количества кислорода или влаги могут вызвать окисление сварочного шва.

Материал материалов: Теплопроводность и химическая активность различных материалов влияют на выбор параметров сварки. Например, титановые сплавы требуют более высокой газозащиты для предотвращения окисления.

Технология оператора: Опыт и методы работы оператора для контроля дуги и качества сварки, ручная сварка TIG предъявляет высокие технические требования.

Условия окружающей среды: температура, влажность и скорость ветра могут влиять на эффективность защиты от газов, и их следует соблюдать с помощью контроля окружающей среды.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация электродов: Наконечник цериевые вольфрамовые электроды высокой чистоты (содержание оксида церия 2% ~ 4%) для обеспечения равномерного распределения при счетном влажном легировании для улучшения характеристик дугового разряда.

Управление газом: используйте газообразный аргон высокой чистоты и оптимизируйте

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

управление потоком, оснащенным газоанализаторами для контроля чистоты в режиме реального времени.

Модернизация оборудования: Усовершенствование сварочного аппарата TIG с высокочастотным инициированием дуги и контролем импульсного тока для обеспечения стабильности дуги и точности контроля подвода тепла.

Технологическая автоматизация: внедрите автоматическую подачу проволоки и роботизированные сварочные системы, чтобы уменьшить количество ошибок при работе человека и повысить стабильность сварочных швов.

Обучение и управление: Повышение квалификации операторов обеспечения высокого уровня владения параметрами сварки и методами обслуживания электродов. Создание баз данных параметров сварки и оптимизация параметров процесса.

Будущие тренды

Интеллектуальная сварка: мониторинг состояния дуги и динамики сварочной ванны в режиме реального времени с помощью искусственного интеллекта и сенсорных технологий, динамической регулировки тока и потока газа для улучшения качества сварки.

Экологические сварочные технологии: Разработка аппаратов для сварки TIG с низким энергопотреблением и систем защиты от вторичной обработки для снижения энергопотребления и загрязнения окружающей среды.

Новые материалы электродов: выберите композитные вольфрамовые электроды, легированные церием (например, с добавлением оксида лантана или оксида иттрия), чтобы еще больше сократить работу по диффузии электронов и улучшить характеристики дуги.

Высокоточная сварка: Технология сварки TIG со сверхмалым током для микрокомпонентов, отвечающих потребностям электронной и медицинской промышленности.

5.1.2 Плазменно-дуговая сварка

Принцип процесса

Плазменно-дуговая сварка (PAW) — это метод высокоточной сварки с использованием упругой дуги для формирования высокотемпературной, высококонцентрированной плазменной дуги (до 15 000 ~ 20 000 K) через ограничения дуги сопла. Роль цериевых вольфрамовых электродов в плазменно-дуговой сварке заключается в обеспечении стабильной термоэмиссионной эмиссии и поддержании дуг с высокой световой энергией, что делает их пригодными для сварки тонких листов, разнородных металлов и материалов с высокой температурой плавления. Легирование оксидом церия повышает устойчивость электрода к низким температурам, снижает выгорание при высоких температурах и продлевает срок службы электрода.

Характеристики дуги: Плазменная дуга сжимается через сопло с образованием дуги с высокой энергоэффективностью и низкой расходимостью, глубиной проплавления и качеством сварного шва лучше, чем при сварке TIG. Работа цериево-вольфрамовых электродов с низким уровнем убегания электронов обеспечивает быстрое зажигание дуги и стабильность дуги.

Защитный газ против плазменного газа: плазменный газ (обычно аргон) образует дугу через

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

сопло, защитный газ (смесь аргона или гелий) защищает расплавленную ванну. Конструкция с течением обеспечивает качество сварки.

Применяемые материалы: Плазменно-дуговая сварка подходит для высокопроизводительных материалов, таких как нержавеющая сталь, титановые сплавы и сплавы на основе никеля, широко используемые в аэрокосмической промышленности и прецизионном производстве.

Технический процесс

Подготовка электрода: выберите церий-вольфрамовый электрод соответствующего диаметра (1,63,2 мм) и отшлифуйте угол конуса (20° - 40°) для размещения дуги с высокой подсветкой энергии. Электрод необходим при обработке поверхности для удаления загрязнений.

Наладочное оборудование: Аппарат для плазменно-дуговой сварки должен быть оснащен высокоточными соплами и стабильным регулированием потока воздуха. Положительная полярность постоянного тока (DCEN) является основным режимом, импульсный ток используется для листовой сварки.

Процесс сварки: плазменный газ образует электрическую дугу через сопло, накрытое сварочной ванной. Оператор контролирует положение дуги с помощью сварочной горелки, а обрабатываемый материал подается автоматически механизмом подачи проволоки.

Постобработка: Проверьте качество сварных швов, чтобы убедиться в отсутствии пор или трещин. Электрод необходимо регулярно обслуживать, а угол конуса снова отшлифовывать.

Детали мастерства

Конструкция сопла: Отверстие и материал сопла создают эффект сжатия дуг, поэтому для обеспечения устойчивости необходимо выбрать термостойкое керамическое сопло.

Расход газа: Расход плазменного газа (0,52 л/мин) и расход защитного газа (1020 л/мин) необходимо точно контролировать, чтобы избежать возникновения дуги.

Управление током: импульсный ток нагрева, что делает его пригодным для сварки листов. Стабильность тока напрямую влияет на качество сварного шва.

Контроль окружающей среды: Зона сварки должна храниться в безветренной среде с низкой влажностью для обеспечения газозащитного воздействия.

Влияющие факторы

Качество электрода: Распределение оксида церия и качество поверхности электрода зависят от стабильности и срока службы дуги. Неравномерное легирование может привести к смещению дуги.

Состояние форсунок: Изношенные или забитые форсунки могут снизить напряжение напряжения и потребовать регулярного осмотра и замены.

Чистота газа: Чистота плазменного и защитного газа ($\geq 99,999\%$) имеет решающее значение для качества сварных швов.

Характеристики опор: опоры и теплопроводность материала влияют на выбор параметров сварки, которые необходимо адаптировать в соответствии с результатом изготовления.

Эксплуатационная точность: Плазменно-дуговая сварка требует высокой точности от оборудования и операторов, автоматизация должна повысить стабильность.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация электродов: Использование наноразмерных электродов, легированных оксидом церия, для изменения стабильности дуги и устойчивости к высоким температурам.

Управление газом: надежная конструкция с двумя потоками газа с высокочистым газом и подключенным газоанализатором.

Модернизация оборудования: Использовать высокоточный аппарат для плазменной сварки, оснащенный импульсным током и автоматической системой управления.

Процесс мониторинга: Внешние системы Диптихи в режиме реального времени для определения состояния дуги и качества сварных швов, динамической регулировки параметров.

Обучение эксплуатации: Повышение квалификации операторов по обеспечению профессионального владения оборудованием плазменно-дуговой сварки.

Будущие тренды

Микроплазменная сварка: Разработка технологии плазменно-дуговой сварки сверхмалым током для микрокомпонентов, отвечающих потребностям электронной и медицинской промышленности.

Интеллектуальное управление: оптимизируйте параметры дуги и газа с помощью искусственного интеллекта и сенсорных технологий для регулирования стабильности сварочных швов.

Экологически чистые технологии: разработка аппаратов для плазменной дуговой сварки с низким энергопотреблением и систем рекуперации газа для снижения воздействия на окружающую среду.

Новые электроды: узнайте больше о многоэлементных церий-вольфрамовых электродах, легированных церий-вольфрамовыми электродами, для дальнейшего улучшения работы при высоких температурах и увеличения срока службы.

5.1.3 Слаботочная сварка током (трубы, прецизионные компоненты и т. д.)

Принцип процесса

Отрицательный электрод постоянного тока (DCEN) использует низкий ток (10 ~ 50 А) для создания стабильной дуги, что делает его подходящим для проявления сварки с заметным тепловложением, таким как медицинские и прецизионные компоненты. Цериевые вольфрамовые электроды являются стандартным выбором в этой области из-за их превосходных характеристик при слабом токе и стабильности дуги. Легирование оксидом церия излучает работу по утечке электронов, что приводит к быстрому закручиванию дуги и поддержанию стабильной дуги при низких токах, уменьшению зоны термического воздействия (ЗТВ) и снижению качества сварных швов.

Характеристики дуги: При низких токах цериевый вольфрамовый электрод образует стабильную тонкую дугу за счет термоэмиссионной эмиссии оксида церия, которая подходит для тонкостенных материалов и высокоточной сварки.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Защитный газ: Аргон является основным защитным газом, и скорость потока необходимо точно контролировать для защиты небольших бассейнов расплава.

Применяемые сценарии: Сварка труб (например, труб из нержавеющей стали) и прецизионных компонентов (например, аэрокосмических датчиков) требует низкого теплового воздействия, чтобы избежать деформации или потерь производительности.

Технический процесс

Подготовка электрода: выберите электрод маленького диаметра (0,51,6 мм) и отошлите угол конуса ($20^{\circ}30^{\circ}$) для регулировки сопротивления дуги. Поверхность необходимо отполировать для улучшения характеристик дугового разряда.

Настраиваемое оборудование: используется высокоточный сварочный аппарат TIG, оснащенный низким током и импульсной температурой, обеспечивающей минимальное поступление тепла.

Процесс сварки: Дуга инициируется под напряжением аргона, и оператор контролирует положение дуги с помощью ручной или автоматической сварочной горелки. В качестве наполнителя обычно используется соответствующий материал заготовки.

Постобработка: проверьте качество сварных швов, чтобы убедиться в отсутствии пористости или микротрещин. Электроды требуют регулярного технического обслуживания для поддержания их работоспособности.

Детали мастерства

Угол конуса электрода: угол конуса определяет постоянство дуги и ограничивает зону термического воздействия, что делает его пригодным для прецизионной сварки.

Управление током: импульсно-токовый (частота 5 ~ 20 Гц) еще больше увеличивает поступление тепла и оптимизирует качество сварного шва.

Расход газа: Расход аргона (5 ~ 10 л/мин) необходимо точно контролировать, чтобы избежать возмущающего дугового разряда.

Контроль окружающей среды: Зона сварки должна быть защищена от пыли и ветра для обеспечения газозащиты.

Влияющие факторы

Качество электродов: Неравномерное распределение оксида церия может привести к нестабильности дуги, что влияет на качество сварного шва.

Стабильность тока: При низких тонкостях точности управления током сварочного аппарата напрямую воздействует на стабильность дуги.

Характеристики материалов: Теплопроводность и толщина тонкостенных материалов влияют на выбор параметров сварки, которые необходимо точно подогнать.

Технология работы: Сварка слабым током высокой точности от операторов, а ручная работа должна быть стабильной.

Условия окружающей среды: влажность или скорость ветра могут быть обусловлены эффектом защиты от газа, и окружающая среда должна быть защищена.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация электродов: Используйте цериево-вольфрамовые электроды высокой освещенности для улучшения характеристик дугового разряда при слабом точении с помощью нанолегирования.

Модернизация оборудования: Использовать высокоточный слаботочный сварочный аппарат, оснащенный системой импульсного управления и автоматизации.

Управление газом: Использует высокочистый газ аргон и оптимизирует управление потоком, оснащенным газоанализаторами.

Технологии автоматизации: Внедрение роботизированных сварочных систем для регулировки точности и стабильности сварки слабым током.

Процессы мониторинга: Внешние системы Диптихи в режиме реального времени для определения состояния дуги и сварочных швов, а также динамической регулировки параметров.

Будущие тренды

Сварка сверхмалым током: Разработка технологии сварки сверхмалым током (<10 А) для микрокомпонентов для обеспечения соответствия электронной промышленности.

Интеллектуальная сварка: оптимизируйте параметры слаботочной дуги с помощью искусственного интеллекта для улучшения качества сварных швов.

Экологически чистые технологии: разработка сварочных аппаратов с низким энергопотреблением и систем рекуперации газа для снижения воздействия на окружающую среду.

Новые электроды: выбор о высокопроизводительных церий-вольфрамовых электродах для стабилизации стабильности дуги при низких расходах тока.

5.2 Бессварочное применение цериевых вольфрамовых электродов

Циево-вольфрамовые электроды также важны для несварочных работ, включая плазменную резку, наплавку и наплавку, а также другие высокотемпературные разрядные работы. Его превосходная устойчивость к высоким температурам и стабильность дуги делают его превосходным в высокоэнергетических процессах.

5.2.1 Плазменная резка

Принцип процесса

Плазменная резка плавит и продувает металлические материалы с помощью высокотемпературной плазменной дуги ($15000 \sim 30000$ К) для эффективной резки. Цериевый вольфрамовый электрод, являющийся основным компонентом плазменного резака, обеспечивает стабильную дугу и поддерживает поток лампы с высокой ламповой энергией. Легирование оксидом церия повышает термостойкость электрода, снижает выгорание и продлевает срок службы, что делает его пригодным для резки широких металлических материалов.

Характеристики плазменной дуги: Плазменная дуга сжимается через сопло, создает тепловую энергию и высокоскоростной поток газа, который быстро плавится и удаляет

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

материалы.

Газовое воздействие: плазменные газы (такие как азот или аргон-водородная смесь) поддерживают дугу, а газы (воздух или кислород) повышают резкость.

Применяемые материалы: подходят для углеродистой стали, нержавеющей стали, алюминиевого сплава и т. д. Д., Широко используется при обработке и демонтаже металлов.

Технический процесс

Подготовка электрода: выберите церий-вольфрамовый электрод соответствующего диаметра (2,04,0 мм) и отдвиньте угол конуса (30°45°) для оптимизации положения дуги.

Настройка оборудования: Аппарат плазменной резки должен быть оснащен мощным мощным питанием и прецизионным соплом, диапазон тока регулируется в зависимости от толщины материала.

Процесс резки: плазменный газ образует электрическую дугу через сопло, оператор контролирует траекторию и скорость резки. Защитный газ с острым эффектом.

Последующая обработка: проверьте качество резки поверхности, чтобы убедиться в отсутствии посторонних предметов или зоны термического воздействия. Электроды требуют регулярного обслуживания.

Детали мастерства

Конструкция сопла: Отверстие и материал сопла зависят от стабильности и скорости резки плазменной дуги.

Расход газа: необходимо точно контролировать плазменный газ (25 л/мин) и защитный газ (2050 л/мин).

Управление током: высокий ток подходит для резки толстых листов, низкий ток подходит для резки тонких листов и должен поддерживаться в соответствии с механизмом.

Контроль окружающей среды: Зона должна быть оборудована надежной вентиляцией для предотвращения накопления вредных газов.

Влияющие факторы

Качество электрода: Высокая термостойкость электрода и качество поверхности соответствуют устойчивости резки.

Состояние сопла: Износ сопла может снизить точность резки и требует регулярной замены.

Чистота газа: Чистота газа ($\geq 99,99\%$) имеет решающее значение для качества резки и срока службы электродов.

Свойства материала: Толщина и теплопроводность материала влияют на выбор параметров резки.

Эксплуатационная точность: скорость резки и контроль траектории соответствуют качеству поверхности.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация электродов: использовать высокопрочные цериевые вольфрамовые электроды для увеличения срока службы резки.

Управление газами: оптимизируйте расположение газа и расход с помощью газа высокой

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

чистоты.

Модернизация оборудования: Используйте высокоточный станок плазменной резки с автоматической системой управления.

Процессы мониторинга: Внешние системы Диптихи в режиме реального времени для определения качества дуги и резки.

Обучение работе с оператором: Улучшите навыки работы с инструментом для обеспечения точности резки.

Будущие тренды

Высокоточная резка: Технология сверхточной плазменной резки тонких листов.

Интеллектуальное управление: оптимизируйте параметры резца с помощью искусственного интеллекта, повышая эффективность и качество.

Зеленые технологии: разработка машин для резки с низким энергопотреблением и систем рекуперации газа.

Новые электроды: отдайте предпочтение электродам, облегченным композитами, для повышения производительности при высоких температурах.

5.2.2 Сварка и наплавка

Принцип процесса

Наплавка сварных швов и наплавка на износостойкие и коррозионностойкие материалы на поверхности изделий дугой или плазменной дугой, улучшая их эксплуатационные характеристики. Церий-вольфрамовые электроды обеспечивают стабильную дугу, поддерживая высокотемпературные бассейны расплава и способствуя равномерному осаждению присадочных материалов. Легирование оксидом церия повышает сопротивление электрода до высоких температур, что делает его пригодным для процессов наплавки с высоким тепловыделением.

Характеристики дуги: Цериевый вольфрамовый электрод образует стабильную высокотемпературную дугу, гарантируя, что присадочный материал полностью расплавлен и нанесен.

Наполнители: Высокоэффективные материалы, такие как сплавы на основе никеля и сплавы на основе кобальта, обычно используемые для наплавки.

Применяемые составы: используются для ремонта изношенных деталей или улучшения свойств поверхности заготовок, таких как пресс-формы, клапаны и т. д. д.

Технический процесс

Подготовка электрода: Выберите электрод подходящего диаметра (2,03,2 мм) и отшлиф угла конуса (30°45°).

Наладочное оборудование: Оборудование для наплавки должно быть оснащено высокомоощным устройством питания и подачи проволоки, ток регулируется в зависимости от материала.

Процесс наплавки: дуга плавит присадочный материал, оператор контролирует траекторию и скорость осаждения.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Постобработка: проверьте качество осадочного слоя, чтобы убедиться в отсутствии трещин или пористости.

Детали мастерства

Управление дугой: импульсный ток поступление тепла и уменьшает повреждения подложек.
Наполнитель: Он должен быть согласован с поддержкой для обеспечения прочности сцепления.

Защита газа: Газ аргон следует хранить в ванне с расплавленным газом, а скорость потока (10–20 л/мин) должна быть строгой.

Контроль окружающей среды: область наплавки должна быть сухой и безветренной.

Влияющие факторы

Качество электрода: Высокая термостойкость электрода влияет на стабильность дуги.

Материал пломбирования: Химический состав и морфология материала влияют на качество оставления.

Технологические параметры: мощность, скорость и расход газа должны быть точно согласованы.

Свойства подложки: Теплопроводность и состояние поверхности подложки влияют на эффект осаждения.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация электродов: воспользуйтесь высокопроизводительными цериево-вольфрамовыми электродами для изменения стабильности дуги.

Выбор материала: Оптимизируйте рецептуру наполнителя для повышения прочности соединений.

Модернизация оборудования: Для повышения стабильности наплавки используется автоматизированное оборудование для наплавки.

Процессы мониторинга: Внешние системы Диптихи в режиме реального времени для определения качества осаждения.

Будущие тренды

Лазерная наплавка: сочетает в себе лазер и дугу для регулировки точности наплавки.

Интеллектуальное управление: оптимизируйте параметры приложения с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработайте низкоэнергетическое сварочное оборудование для наплавки.

Новые электроды: Изучение высокопрочных композитных электродов.

5.2.3 Другие применения при высокотемпературном разряде

Принцип процесса

Цериевые вольфрамовые электроды обеспечивают стабильный источник дуги или разряда в других областях применения с высокотемпературным разрядом (например, при плазменном напылении, электроэрозионной обработке). Его превосходная термостойкость и

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

стабильность дуги делают его подходящим для проявления с высокой энергоэффективностью.

Плазменное напыление: дуга расплавляет порошкообразный материал и распыляет его на поверхность заготовки с образованием покрытия.

Электроэрозионная обработка (ЭЭО): электроды разъедают материалы, разряжая их, что делает их пригодными для прецизионной обработки.

Применяемые конструкции: Применяются для упрочнения поверхности, обработки пресс-форм и т.д.

Технический процесс

Подготовка электрода: Выберите электрод подходящего диаметра и отшлифуйте угол конуса для оптимизации производительности разряда.

Настройка оборудования: Оснащен блок мощным питанием и прецизионной системой управления.

Процесс обработки: Дуга или разряда воздействует на материал, оператор контролирует траекторию и параметры.

Последующая обработка: проверьте качество обработанной поверхности, чтобы убедиться в соответствии требованиям.

Детали мастерства

Конструкция электродов: Для изменения стабильности разряда необходимо отрегулировать угол наклона конуса и качество поверхности.

Газ или окружающая среда: для плазменного напыления требуется газ высокой чистоты, а для обработки электрическим разрядом необходима диэлектрическая жидкость.

Контроль параметров: необходимо точно отрегулировать ток, напряжение и скорость обработки.

Влияющие факторы

Качество электрода: Высокая термостойкость электрода влияет на стабильность разряда.

Свойства окружающей среды: Чистота газа или диэлектрическая жидкость влияет на качество обработки.

Точность оборудования: Точность источника питания и управления влияет на эффект обработки.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация электродов: Высокопроизводительные цериевые вольфрамовые электроды, используемые для изменения стабильности разряда.

Управление обеспечивает: оптимизация рецептур газовых или диэлектрических жидкостей.

Модернизация оборудования: внедрение высокоточного разгрузочного оборудования.

Мониторинг технологического процесса: Внедрите системы Диптихи в режиме реального времени для определения состояния разгрузки.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Будущие тренды

Высокоточная электроэрозионная обработка: разработка технологий электроэрозионной обработки микрокомпонентов.

Интеллектуальное управление: оптимизируйте параметры разгрузки с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработка оборудования для разряда с низким энергопотреблением.

Новые электроды: исследование композитных легированных электродов.

5.3 Отрасли применения цериевых вольфрамовых электродов

Цериевые вольфрамовые электроды широко используются в аэрокосмической, автомобильной, энергетической и химической, производстве медицинского оборудования и других отраслях промышленности, а их высокая производительность отвечает строгим требованиям различных отраслей промышленности.

5.3.1 Аэрокосмическая промышленность

Предыстория применения:

Аэрокосмическая промышленность предъявляет чрезвычайно высокие требования к качеству сварки, а также цериевые вольфрамовые электроды, широко используемые при сварке высокоэффективных материалов, таких как титановые сплавы и сплавы на основе никеля, такие как лопастические авиационные двигатели и корпуса космических аппаратов, благодаря их превосходным характеристикам инициирования дуги и стабильности дуги.

Технологические требования: требуется высокая точность, низкое тепловложение и отличное качество сварных швов.

Преимущества электродов: Цериевые вольфрамовые электроды могут поддерживать стабильную дугу при низких токах, в меньшей зоне термического воздействия.

Технический процесс

Выбор электрода: электрод маленького диаметра (0,5 ~ 2,0 мм), острый угол конуса.

Процесс сварки: TIG или плазменно-дуговая сварка, защита аргоном.

Контроль качества: Неразрушающий контроль (например, рентгеновские лучи) качества сварного шва.

Влияющие факторы

Свойства материала: Высокая плотность титановых сплавов требует строгой газозащиты.

Качество электродов: Распределение оксида церия влияет на стабильность дуги.

Соблюдение условий окружающей среды: Отсутствие пыли и ветра обеспечивает качество сварки.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация электродов: воспользуйтесь нанолегированными электродами.

Управление газом: высокочистый аргон и конструкции со стабильным потоком.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Технологии автоматизации: Внедрение роботизированных сварочных систем.

Будущие тренды

Сверхвысокоточная сварка: создается впечатление в микрокомпонентах.

Интеллектуальное управление: оптимизируйте параметры сварки.

Зеленая технология: сварочное оборудование с низким энергопотреблением.

5.3.2 Автомобильное строительство

Предыстория применения:

В автомобилестроении цериевые вольфрамовые электроды используются для сварки таких деталей, как кузова автомобилей и выхлопные системы, в число материалов входят нержавеющая сталь и алюминиевые сплавы. Его быстрое завязывание дуги и стабильность дуги повышают эффективность производства.

Технологические требования: высокоэффективные сварные швы высокой консистенции.

Преимущества электродов: высокая термостойкость и длительный срок службы снижают производственные затраты.

Технический процесс

Выбор электрода: электрод среднего диаметра (1,6 ~ 3,2 мм).

Сварочный процесс: сварка TIG, автоматизированная производственная линия.

Контроль качества: визуальный осмотр и ультразвуковой контроль.

Влияющие факторы

Скорость производства: баланс между эффективностью и качеством.

Качество электродов: влияние на стабильность и срок службы дуги.

Степень автоматизации: влияет на постоянство сварного шва.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация электродов: Высокопрочные электроды.

Технология автоматизации: роботизированная сварочная система.

Процесс мониторинга: определение качества сварных швов в режиме реального времени.

Будущие тренды

Сварка легких материалов: подходит для алюминиевых сплавов и композитных материалов.

Интеллектуальная производственная линия: повышение эффективности производства.

Зеленая технология: сварочное оборудование с низким энергопотреблением.

5.3.3 Энергетика и химическая промышленность

Предыстория применения:

Энергетической и химической промышленности необходимы в сварке коррозионностойкие материалы (такие как нержавеющая сталь, сплавы на основе никеля) для трубопроводов, реакторов и т.д. Высокая термостойкость и стабильность цериевых вольфрамовых

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

электродов соответствуют требованиям.

Технологические требования: высокая коррозионная стойкость и прочность сварных швов.
Преимущество электрода: Стабильность при высоком тепловложении.

Технический процесс

Выбор электрода: электрод большого диаметра (2,0 ~ 4,0 мм).
Процесс сварки: TIG или плазменно-дуговая сварка.
Контроль: Неразрушающий обеспечивает контроль качества сварного шва.

Влияющие факторы

Свойства материала: Коррозионностойкие материалы должны быть строго защищены.
Качество электродов: влияние на стабильность и срок службы дуги.
Условия окружающей среды: необходимо предотвратить воздействие коррозионных газов.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация электродов: Высокопроизводительные электроды.
Управление газами: Защита газа высокой чистоты.
Процесс мониторинга: определение качества сварных швов в режиме реального времени.

Будущие тренды

Сварка суперсплавами: создать впечатление новых материалов.
Интеллектуальное управление: оптимизируйте параметры сварки.
Зеленые технологии: оборудование с низким энергопотреблением.

5.3.4 Производство медицинского оборудования

Предыстория применения:

Производство медицинского оборудования требует высокоточной сварки, например, хирургических инструментов из нержавеющей стали и титановых имплантатов. Слаботочные характеристики дугового разряда цериево-вольфрамовых электродов делают их пригодными для сварки микродеталей.

Технологические требования: сверхточные, экологически чистые сварные швы.
Преимущества электродов: низкое тепловыделение и стабильность дуги.

Технический процесс

Выбор электрода: электрод ювелирного диаметра (0,5 ~ 1,0 мм).
Процесс сварки: микро-TIG или плазменно-дуговая сварка.
Контроль: качество микроскопического контроля и неразрушающий контроль.

Влияющие факторы

Свойства материала: Титановые сплавы требуют строгой газозащиты.
Качество электродов: влияние на стабильность дуги.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Условия окружающей среды: Беспыльная окружающая среда обеспечивает качество.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация электродов: нанолегированные электроды.

Управление газами: Защита аргона высокой чистоты.

Технология автоматизации: микросварочные роботы.

Будущие тренды

Технология микросварки: Удовлетворяет необходимость использования имплантатов.

Интеллектуальное управление: оптимизируйте параметры сварки.

Зеленые технологии: оборудование с низким энергопотреблением.

5.4 Особые случаи применения цериевых вольфрамовых электродов

Ниже анализируется применение цериевого вольфрамового электрода в конкретных цепях, уделяя особое внимание предпосылкам и принципам процесса, чтобы избежать чрезмерных экспериментальных данных.

5.4.1 Сварка нержавеющей стали и титановых сплавов

Предыстория применения:

Сварка нержавеющей стали и титановых сплавов требует высокой точности и строгой защиты от газа, а цериевые вольфрамовые электроды широко используются в такой сварке в аэрокосмической и медицинской технике благодаря их различным характеристикам инициализации дуги и стабильности дуги.

Принцип процесса: При сварке TIG используется цериевая вольфрамовая электрода низкого уровня убегания электронов для быстрой дуговой разрядки, защита от газообразного аргона, окисления материала.

Технический поток: электрод среднего диаметра (1,0 ~ 2,0 мм), острый угол конуса, импульсный контроль тепла для контроля входа.

Влияющие факторы: высокая плотность материала требует защиты от газа, высокая чистота, а качество электрода влияет на стабильность дуги.

Стратегия оптимизации: используйте высокопроизводительные электроды, оптимизируйте поток газа и внедрите автоматическую сварку.

Будущие тенденции: интеллектуальные сварочные технологии и разработка новых электродов.

5.4.2 Пайка микроэлектронных компонентов

Предыстория применения:

Микроэлектронные компоненты (например, микросхемы контактов) должны быть припаяны при сверхнизком токе, а характеристики дугового разряда цериевых вольфрамовых электродов при слабом токе соответствуют требованиям.

Принцип процесса: Сварка Micro-TIG обеспечивает высокоточную сварку тонкой дугой,

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

уменьшающую зону термического воздействия.

Технический поток: электрод сверхмалого диаметра (0,5 мм), угол угла конуса, аргоновая защита.

Влияющие факторы: качество электродов и чистота газа влияют на качество сварного шва.

Стратегия оптимизации: Используйте нанолегированные электроды для оптимизации импульсного тока.

Тенденция будущего: технологии сварки со сверхнизким током и интеллектуальным управлением.

5.4.3 Сварка высоковольтных жгутов проводов

Предыстория применения:

Высоковольтная сварка жгутом проводов высокой прочности и проводимости, стабильности дуги цериевого вольфрамового электрода подходит для сварки медных сплавов.

Принцип процесса: сварка TIG обеспечивает прочность сварного шва и проводимость за счет сохранения дуги.

Технический поток: электрод среднего диаметра (1,6 ~ 2,4 мм), аргоновая защита, автоматическая подача проволоки.

Влияющие факторы: Высокая теплопроводность среды требует постоянного тока и газа.

Стратегия оптимизации: Использование высокопроизводительных электродов и внедрение роботизированной сварки.

Тренды будущего: высокоэффективные сварочные технологии и экологичные процессы.



Глава 6 Оборудование для производства цериевых вольфрамовых электродов

Производство цериевых вольфрамовых электродов основано на сериях высокоточного и специализированного оборудования, от этапа обработки до окончательного внедрения, конструкции и производительность каждого звена напрямую определяют качество и эффективность производства электродов. В этой главе систематически излагается ключевое оборудование, участвующее в процессе производства цериевых вольфрамовых электродов, с пятью аспектами - оборудование для обработки перехода, оборудование для порошковой металлургии, технологическое оборудование, оборудование для тестирования и контроля качества, а также автоматизированное и интеллектуальное оборудование, а также глубоко анализируются принципы работы, структурное проектирование, процессные работы, влияющие факторы, стратегия оптимизации и будущие изменения развития каждого оборудования.

6.1 Оборудование для обработки абразивом для цериевых вольфрамовых электродов

Оборудование для производства используется для измельчения, грохочения и очистки вольфрамового порошка и оксида церия, что является ключевым звеном для обеспечения качества преобразования и стабильности процессов. Эти устройства должны обеспечивать высокую надежность, высокую эффективность и высокий уровень загрязнения, чтобы соответствовать требованиям к высокой производительности цериево-вольфрамовых

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

электродов.

6.1.1 Оборудование для измельчения и грохочения вольфрамового порошка

Как это работает:

Оборудование для измельчения и грохочения вольфрамового порошка обрабатывает вольфрамовый порошок до целевого размера частиц (1 ~ 5 микрон) с помощью механической силы или потока воздуха и частиц мелких частиц или агрегатов с помощью грохочения для обеспечения равномерного распределения частиц по размерам. Измельчное оборудование (например, планетарные шаровые мельницы) использует высокоэнергетические генераторы и трение для частиц размерного размера, в то время как просеивающее оборудование (например, классификаторы воздушного потока) аэродинамически разделяет частицы частиц разных размеров. Равномерное распределение частиц по размерам имеет решающее значение для связи частиц и работы электродов в таких процессах порошковой металлургии, как прессование и спекание.

Принцип измельчения: Планетарная шаровая мельница измельчает вольфрамовый порошок до микронного уровня за счет короткого замыкания и трения между мелющим шаром и порошком. Высокая твердость и траектория мелового шара определяют эффективность измельчения и форму частиц.

Принцип грохочения: Классификатор воздушного потока использует высокоскоростной воздушный поток для приведения в движение частиц порошка, разделяя частицы разного размера с помощью циклонного разделения или центробежной силы, обеспечивая равномерность распределения.

Преимущества оборудования: Высокоточное оборудование для измельчения и грохочения. Позволяет улучшить спекаемую активность вольфрамового порошка, оптимизировать работу оборудования и механическую прочность электрода.

Проектирование конструкций

Планетарные шаровые мельницы:

Основные компоненты: размольный бак, мелющий шар (диоксид циркония или карбид вольфрама), планетарный диск, двигатель и система управления.

Конструктивные особенности: Размольный бак изготовлен из нержавеющей стали высокой твердости или керамического материала для предотвращения загрязнения. Планетарные диски обеспечивают сложную траекторию движения за счет многоосного датчика, повышая эффективность шлифовки. Система управления оснащена частотным преобразователем для точной регулировки мощности телефона.

Экологические требования: Процесс измельчения должен проводиться в среде с высокой чистотой азота или газообразного аргона (чистота $\geq 99,999\%$) для предотвращения окисления.

Классификатор воздушных потоков:

Основные компоненты: система подачи, классификатор, циклон, фильтр и система управления потоком.

Особенности конструкции: Сортировочные колеса изготовлены из износостойких

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

керамических материалов и устойчивы к воздействию воздушных потоков. Циклонный сепаратор повышает точность сепарации благодаря многоступенчатой конструкции. Система управления потоком оснащена высокоточными датчиками, которые отслеживают скорость воздушного потока в режиме реального времени.

Экологические требования: сортировку следует проводить в чистом помещении (уровень ISO 5, концентрация частиц < 3520 частиц/м³) во избежание загрязнения пылью.

Процесс работы

Процесс измельчения:

Поместите вольфрамовый порошок в шлифовальный бак, страницы шлифовального шара (соотношение шара к материалу 10:1 ~ 20:1), запечатайте его и поместите на планетарный диск.

Установите скорость подключения (200 ~ 500 об/мин) и время шлифовки (несколько часов) и запустите устройство.

После измельчения порошок процеживается через сито для измельчения крупных частиц.

Процесс скрининга:

Молотый вольфрамовый порошок подается в классификатор воздушного потока и равномерно диспергируется через систему подачи.

Отрегулируйте скорость воздушного потока и скорость колеса ступенчатого станка, чтобы отделить порошок целевого размера частиц.

Возьмите соответствующие порошки и храните их в герметичных контейнерах.

Постобработка: измельченный и просеянный вольфрамовый порошок обнаруживается лазерным анализатором размера частиц для обеспечения соответствия требованиям.

Детали мастерства

Параметры измельчения: скорость передачи данных, время измельчения и соотношение частиц к материалу должны соблюдаться в соответствии с заданными размерами частиц. Слишком высокая скорость может привести к дроблению частиц или загрязнению, а слишком высокая скорость может привести к снижению эффективности.

Выбор шлифовального шара: мелющий шар из диоксида циркония обладает высокой твердостью и долговечностью, подходит для шлифования вольфрамового порошка высокой чистоты; Мелющие шары из карбида вольфрама подходят для крупносерийного производства.

Управление потоком: Классификатор должен быть оснащен высокоточным регулятором воздушного потока для обеспечения стабильности воздушного потока и точности разделения.

Контроль окружающей среды: в цехах измельчения и грохочения должна поддерживаться низкая влажность ($< 20\%$) и свободная от пыли среда для предотвращения загрязнения влаги или загрязнения порошком.

Влияющие факторы

Точность оборудования: регулировка скорости миксера и стабильность сортировщика воздушного потока в зависимости от размеров частиц.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Материал мелового шара: твердость и химическая стабильность мелового шара зависят от чистоты порошка.

Свойства порошка: Исходный размер частиц и морфология вольфрамового порошка зависят от эффективности измельчения.

Условия окружающей среды: Влажность, уровень кислорода и пыли могут привести к окислению или агломерации порошка.

Эксплуатационные характеристики: Параметры оператора и уровень обслуживания оборудования зависят от производительности оборудования.

Оптимизируйте свой выход

Модернизация оборудования: использовать высокоточную планетарную шаровую мельницу, оснащенную системой преобразования частоты и системой «Детихи» в режиме постоянного времени для повышения эффективности измельчения.

Оптимизация шлифовальных шаров: выбирайте мелющие шары высокой твердости и высокого уровня загрязнения, чтобы уменьшить загрязнение порошком.

Оптимизация классификации воздушного потока: использовать многоступенчатый циклонный сепаратор для регулирования точности сепарации.

Управление окружающей средой: Оснащен высокоэффективными фильтрами и устройствами контроля влажности для обеспечения чистой окружающей среды.

Анализ данных: создание базы данных параметров измельчения и грохочения и оптимизация параметров процесса с помощью анализа данных.

Будущие тренды

Технология наноразмерного измельчения: Разработка сверхточных шаровых мельниц, подходящих для наноразмерного вольфрамового порошка (<100 нм) для обеспечения соответствия в высокопроизводительных электродах.

Интеллектуальное оборудование: мониторинг процессов измельчения и грохочения в режиме реального времени с помощью искусственного интеллекта и сенсорных технологий, динамическая регулировка параметров.

Зеленые технологии: разработка оборудования для измельчения с понижением энергопотребления и перерабатываемых систем воздушного потока для снижения воздействия на окружающую среду.

Новое оборудование для сортировки: например, центробежные наноклассификаторы, позволяющие достичь более точного контроля размера частиц.

6.1.2 Оборудование для очистки оксида церия

Как это работает:

Оборудование для очистки оксидов церия извлекает оксид церия высокой чистоты (чистота $\geq 99,9\%$) из редкоземельных руд с помощью таких этапов, как химическое растворение, экстракция и обжиг. Основное оборудование включает в себя флотационную машину, резервуар для растворения, экстракционное оборудование и печь для обжига. Эти устройства работают вместе, разделяя редкоземельные минералы на соединениях церия, которые затем очищаются в порошке оксида церия, обеспечивая их соответствие требованиям легирования

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

церий-вольфрамовых электродов.

Принцип флотации: Флотационная машина отделяет редкоземельные минералы через пузырьки и флотационные агенты для получения высококачественного цериевого концентрата.

Принцип экстракции: Экстракционное оборудование использует органические растворители (такие как P204 или P507) для селективного разделения ионов церия с образованием раствора церия высокой чистоты.

Принцип обжига: Печь для обжига преобразует соединения церия в оксид церия при высоких температурах (800 ~ 1000 °C) для оптимизации морфологии и чистоты частиц.

Проектирование конструкций

Флотационная машина:

Основные компоненты: флотационный резервуар, мешалка, генератор пузырьков и система кондиционирования пульпы.

Конструктивные особенности: Флотационный резервуар изготовлен из коррозионностойкой нержавеющей стали, мешалка оптимизирует диспергирование пульпы за счет управления частотным преобразованием. Генератор пузырьков демонстрирует уникальность пузырьков благодаря микропористой конструкции.

Экологические требования: Флотационный цех должен быть оборудован постоянной вентиляцией и очисткой сточных вод для предотвращения загрязнения химическими реагентами.

Оборудование для экстракции:

Основные компоненты: экстракционный бак, фазовый сепаратор, насосная система и система циркуляции растворителя.

Конструктивные особенности: Экстракционный резервуар имеет многоступенчатую подсветку для повышения эффективности сепарации. Разделитель фаз разделяет органическую фазу и водную фазу в соответствии с силой тяжести или центробежной.

Экологические требования: Его следует эксплуатировать в герметичной среде для предотвращения выбросов растворителя.

Печь для запекания:

Основные компоненты: нагревательный элемент (молибден или керамика), корпус печи, система контроля атмосферы и система охлаждения.

Конструктивные особенности: Корпус печи изготовлен из материалов, устойчивых к высоким температурам, система контроля атмосферы обеспечивает стабильное снабжение воздухом. Системы охлаждения снижают термическую нагрузку на счет водяного или воздушного охлаждения.

Экологические требования: Цех обжига должен поддерживаться в чистоте (уровень ISO 6) во избежание загрязнения пылью.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Процесс работы

Процесс флотации:

Редкоземельная руда измельчается, измельчается и помещается во флотационный резервуар, в который добавляется флотационный агент и вода для образования суспензии.

Запустите блокировку и генератор пузырьков, чтобы отделить концентрат церия.

Концентрат собирается, а сточные воды перерабатываются через систему очистки.

Процесс экстракции:

Концентрат церия растворяют в кислоте (серой или соляной) с образованием редкоземельного раствора.

Раствор контактирует с органическим растворителем через экстракционный резервуар для отделения ионов церия.

После разделения фазы растворения церия начинается и начинается стадия осаждения.

Процесс обжарки:

Раствор церия осаждается с образованием карбоната церия или оксалат церия.

Осадок помещается в печь для обжига, где он обжигается при высоких температурах с образованием порошка оксида церия.

После остывания порошок собирают и хранят в герметичной таре.

Детали мастерства

Параметры флотации: концентрация пульпы (20% 30%), значение pH (68) и расположение флотационных агентов должны быть соблюдены для улучшения извлечения церия.

Параметры экстракции: Концентрация экстрагента и количество этапов экстракции выбираются в соответствии с эффективностью разделения и должны соблюдаться с помощью экспериментов.

Параметры прокаливания: Температуру обжига и атмосферу необходимо контролировать, чтобы избежать изменения формы кристаллов или воздействия примесей.

Контроль окружающей среды: В очистном цехе необходимо поддерживать низкую влажность (<20%) и чистую окружающую среду для предотвращения загрязнения порошком.

Влияющие факторы

Точность оборудования: Точность управления флотационными машинами и экстракционными устройствами для эффективной очистки.

Качество вывода: Содержание церия и передача примесей в редкоземельных рудах относятся к классической классификации.

Условия окружающей среды: Влажность и пыль могут привести к воздействию влаги или загрязнению порошками.

Эксплуатационные характеристики: Параметры и уровни технического обслуживания оборудования влияют на качество очистки.

Оптимизируйте свой выход

Модернизация оборудования: Для повышения эффективности очистки используются

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

высокоточные флотационные машины и оборудование для многоступенчатой экстракции.
Оптимизация растворителей: использование высокоэффективных экстрагентов с низкой токсичностью для снижения загрязнений окружающей среды.
Оптимизация обжарки: используйте ротационные или нажимные печи для запекания для обеспечения равномерного нагрева.
Экологический менеджмент: Оснащен постоянной очистки сточных вод и выхлопных газов в соответствии с требованиями охраны окружающей среды.
Анализ данных: создание базы данных, очистка параметров и оптимизация настроек процесса.

Будущие тренды

Технология биологической очистки: использование исследований для выщелачивания церия и сокращение использования органических реагентов.
Интеллектуальное оборудование: мониторинг обработки процесса в режиме реального времени с помощью датчиков и искусственного интеллекта.
Зеленые технологии: разработка энергосберегающих печей для обжарки и систем регенерации растворителей.
Новое оборудование: например, микроволновые печи для запекания, улучшающие ширину и эффективность нагрева.

6.2 Оборудование для порошковой металлургии для цериевых вольфрамовых электродов

Оборудование для порошковой металлургии используется для переработки вольфрамового порошка и оксида церия в заготовки высокой плотности, включая смесители, гидравлические прессы, оборудование для изостатического прессования и высокотемпературные печи для выпечки. Эти устройства должны обеспечить достаточное количество компонентов и уплотнение деталей.

6.2.1 Смесительные машины и легирующее оборудование

Как это работает:

Смеситель равномерно распределяет вольфрамовый порошок, оксид церия и добавки с механическим перемешиванием или трехмерным движением, а легирующее оборудование обеспечивает равномерное распределение оксида церия при влажном или сухом процессе. Равномерное распределение частиц имеет решающее значение для граничной структуры зерен и работы электродов во время выпечки.

Принцип применения: трехмерный смеситель полностью пергирует частицы за счет многоосевого движения, чтобы избежать сегрегации.

Принцип легирования: мокрое легирование посредством распылительной сушки с образованием композитных частиц, сухое легирование за счет высокоинтенсивного перемешивания для достижения равномерного перемешивания.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Проектирование конструкций

3D смесительная машина:

Основные компоненты: смесительный барабан, приводной двигатель, преобразователь частоты и система уплотнения.

Конструктивные особенности: Смесительный барабан изготовлен из нержавеющей стали или керамического материала для предотвращения загрязнения. Преобразователь потока обеспечивает многоступенчатое регулирование скорости для оптимизации эффективности регулирования.

Экологические требования: Работать в среде с высокой чистотой азота (чистота $\geq 99,999\%$).

Распылительная сушилка (влажное легирование):

Основные компоненты: сопло, сушильная камера, циклонный сепаратор и система управления потоком.

Особенности конструкции: Сопло, изготовленное из коррозионностойкого керамического материала, сушильная камера обеспечивает равномерную сушку за счет многоступенчатого нагрева.

Экологические требования: Эксплуатация в чистом помещении (уровень ISO 5).

Процесс работы

Процесс предложения:

Вольфрамовый порошок, оксид церия и добавки загружаются в смеси.

Установите скорость и время перемешивания и запустите оборудование.

После смешивания порошок фильтруется через сито для защиты.

Процесс легирования (мокрый метод):

Растворите в растворе оксида церия, вольфрамовый порошок для образования суспензии.

Композитные частицы взбалтываются с помощью распылительной сушилки и перемешиваются с вольфрамовым порошком.

Возьмите порошок и храните его в герметичном контейнере.

Детали мастерства

Параметры переключения: скорость компьютера (50 ~ 200 об/мин) и время (несколько часов) должны быть постоянными, чтобы избежать чрезмерного помола.

Параметры распылительной сушилки: Отверстие сопла, скорость подачи и температура сушилки должны точно контролироваться, чтобы обеспечить равномерную морфологию частиц.

Контроль окружающей среды: Смешивание и легирование следует проводить в условиях низкой влажности ($<20\%$).

Влияющие факторы

Точность оборудования: Регулирование скорости смесителя и стабильность воздушного потока распылительной сушилки зависит от мощности.

Свойства порошка: Плотность и морфология частиц влияют на эффект вращения.

Условия окружающей среды: Влажность и уровень кислорода могут привести к окислению

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

порошка.

Эксплуатационные характеристики: Настройка параметров и обслуживание оборудования зависят от качества измерения.

Оптимизируйте свой выход

Модернизация оборудования: использование высокоточного трехмерного смесителя и распылительной сушилки.

Процесс оптимизации: Для улучшения внешнего вида используется традиционное влажное постельное белье.

Управление следующим состоянием: Оснащен высокоэффективными фильтрами и контролем влажности.

Анализ данных: создание базы данных, параметры вращения и оптимизация процесса.

Будущие тренды

Ультразвуковое колебание: увеличивает диспергирование частиц за счет высокочастотной вибрации.

Интеллектуальное оборудование: оптимизируйте параметры колебаний с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработка смешанного оборудования с низким энергопотреблением.

Новое оборудование: например, смеситель с кипящей слои для измерения эффективности изменения.

6.2.2 Гидравлический пресс и оборудование для изостатического прессования

Как это работает:

Гидравлические прессы механические прессуют порошки для формирования исходных заготовок, в то время как изостатическое прессовое оборудование (CIP) повышает яркость заготовок и оптимизирует производительность выпечки за счет равномерного низкого давления (сотни мегапаскалей).

Принцип гидравлического прессы: односторонняя подача осуществляется через гидравлическую систему для сжатия порошка с образованием заготовки.

Принцип изостатического прессования: изотропное давление подается через жидкую среду для обеспечения равномерной плотности заготовки.

Проектирование конструкций

Гидравлические прессы:

Основные компоненты: гидроцилиндр, пресс-форма, система управления и предохранительное устройство.

Особенности конструкции: Гидравлический цилиндр обеспечивает высокое давление (100~500 МПа), форма изготовлена из стали высокой твердости. Система управления оснащена датчиками давления для обеспечения точности.

Экологические требования: Он должен эксплуатироваться в чистой среде для предотвращения загрязнения порошком.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

CTIA GROUP LTD

Cerium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Cerium Tungsten Electrode

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO_2). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

2. Features of Cerium Tungsten Electrode

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

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

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

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

3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode

Type	CeO_2 Content	Color Code	Density (g/cm^3)	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Cerium Tungsten Electrode

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

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

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

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

Изостатическое прессовое оборудование:

Основные компоненты: сосуд под давлением, резиновая форма, насосная система и вакуумная система.

Конструктивные особенности: Сосуд высокого давления изготовлен из высокопрочной легированной стали, резиновая форма обеспечивает высокую видимость. Вакуумная система обеспечивает отсутствие пузырьков воздуха.

Требования к окружающей среде: Эксплуатация в условиях низкой влажности.

Процесс работы

Процесс гидравлического пресса:

Смешанный порошок загружается в форму и помещается в гидравлический пресс.

Установите давление и время выдержки, чтобы начать прессование.

Снимите заготовку и проверьте наличие дефектов светильника.

Процесс изостатического прессования:

Порошок загружается в резиновую форму и помещается в сосуд под давлением.

Впрыскивайте жидкость под давлением и создайте изотропное давление.

Выньте заготовку и храните ее в сухом месте.

Детали мастерства

Контроль давления: оптимизируйте большое давление и время выдержки, чтобы избежать трещин или неравномерной плотности.

Конструктивные формы: Форма и форма пресса влияют на качество заготовки.

Соблюдение условий окружающей среды: В прессовом цехе не должно быть пыли и влаги.

Влияющие факторы

Точность оборудования: точность контроля давления влияет на светильник.

Свойства порошка: Текучесть и распределение частиц порошка по размерам влияют на эффект прессования.

Качество-формы: Износостойкость и повторяемость формы соответствуют форме заготовки.

Эксплуатационные характеристики: Настройка параметров и обслуживание оборудования влияют на качество прессования.

Оптимизируйте свой выход

Модернизация оборудования: Использовать высокоточный гидравлический пресс и оборудование для безразборной мойки.

Оптимизация пресс-форм: высокоэластичные и долговечные формы.

Процессы мониторинга: Внедрите систему Диптихи, давление в режиме реального времени.

Анализ данных: создание базы данных параметров прессования и оптимизации процесса.

Будущие тренды

Горячее изостатическое прессование (HIP): сочетает в себе высокую температуру и давление для увеличения плотности.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Интеллектуальные устройства: бережное управление с помощью датчиков.

Зеленые технологии: оборудование для подавления Разработка с низким энергопотреблением.

Новое оборудование: такое, как высокочастотный вибрационный пресс, уменьшает количество брака.

6.2.3 Высокотемпературная печь для выпечки (вакуумная/атмосферная печь)

Как это работает:

Высокотемпературная печь для выпечки частиц порошка с образованием электрода высокой плотности за счет высоких температур (2000 ~ 2200 °C). Вакуумные печи снижают окисление за счет снижения давления, а атмосферные печи защищают частицы водорода или инертными газами.

Принцип вакуумного приготовления: окружающая среда низкого давления (10^{-3} Па) выделяет оксид церия и образует мелкие зерна.

Принцип приготовления в атмосфере: высокочистый водород (чистота $\geq 99,999\%$) в качестве восстановителя атмосферы для предотвращения окисления.

Проектирование конструкций

Вакуумная печь для выпечки:

Основные компоненты: корпус печи, вакуумный насос, нагревательный элемент (молибден или вольфрам) и система контроля температуры.

Конструктивные особенности: Корпус печи изготовлен из жаропрочного сплава, вакуумный насос обеспечивает высокий уровень вакуума. Система контроля температуры имеет высокую точность (отклонение $< \pm 10^{\circ}\text{C}$).

Экологические требования: Работать в чистой окружающей среде.

Атмосферная печь для выпечки:

Основные компоненты: корпус печи, система циркуляции газа, нагревательный элемент и система контроля точек росы.

Конструктивные особенности: Система циркуляции газа обеспечивает однородную атмосферу, система контроля точек росы поддерживает низкое содержание влаги ($< -40^{\circ}\text{C}$).

Экологические требования: Требуется система очистки выхлопных газов.

Процесс работы

Процесс вакуумного выпечки:

Поместите заготовку на корпус печи и запустите вакуумный насос, чтобы достичь целевого уровня вакуума.

Нагрейте до температуры выпечки, согрейте несколько часов и медленно охладите.

Следите за формой и формой приборов и храните их в герметичных контейнерах.

Процесс приготовления атмосферы:

Заготовка помещается в корпус печи и впрыскивается водород высокой чистоты.

Нагрейте до температуры выпечки, держите в тепле и прохладе.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Проверьте качество электродов и храните их в сухом месте.

Детали мастерства

Контроль температуры: обеспечьте равномерную температуру в печи, чтобы избежать увеличения размера частиц.

Управление атмосферой: необходимо точно контролировать расход Великобритании и указать на росы.

Скорость охлаждения: Медленное охлаждение позволяет избежать термического напряжения.

Влияющие факторы

Точность оборудования: контроль температуры и точность контроля вакуума влияют на качество выпечки.

Чистота атмосферы: Влага или кислород в газе могут вызвать окисление.

Характеристики заготовки: Плотность и плотность легирования заготовки создают эффект выпечки.

Эксплуатационные характеристики: Настройки параметров и уровни технического обслуживания влияют на производительность оборудования.

Оптимизируйте свой выход

Модернизация оборудования: внедрение высокоточного контроля температуры и вакуумной системы.

Оптимизация атмосферы: использование высокочистого Великобритании и контрольных точек росы.

Процессы мониторинга: Реализуйте мониторинг температуры и погоды в режиме реального времени.

Анализ данных: создание базы данных, параметры выпечки и оптимизация процесса.

Будущие тренды

Плазменное спекание (SPS): быстрое спекание с помощью импульсного тока.

Интеллектуальное оборудование: оптимизируйте параметры выпечки с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработка низкоэнергетических печей для выпечки.

Новое оборудование: такое как микроволновая печь для выпечки, улучшение равномерности нагрева.

6.3 Технологическое оборудование для цериевых вольфрамовых электродов

Технологическое оборудование используется для обработки спеченных заготовок в электродах, включая стандартные каландры, волочильные машины, шлифовальные станки, полирующие машины и режущее оборудование. Эти устройства должны обеспечивать геометрическую точность и качество поверхности электродов.

6.3.1 Каландровая и волочильная машина

Как это работает:

Каландры деформируют заготовку в прутках под воздействием высокой температуры и механически, а волочильные машины растягивают прутки через формы для формирования электродов стандартного диаметра.

Принцип каландрирования: Горячая каландризация поднимает потолочную прутка и механическую прочность за счет многократных проходов деформации.

Принцип волочения: Горячее волочение оптимизирует качество поверхности и геометрическую точность при расчете формы.

Проектирование конструкций

Каландр:

Основные компоненты: каландровый, система подогрева, приводной ролик двигателя и система управления.

Особенности конструкции: Каландровые изделия изготовлены из твердого сплава, ролика или керамики, система нагрева обеспечивает равномерные высокие температуры.

Экологические требования: Он должен эксплуатироваться в защитной атмосфере для предотвращения окисления.

Тяговая машина:

Основные компоненты: волочильная матрица, система смазки, тяговое устройство и система управления.

Конструктивные особенности: Форма изготавливается из алмаза или карбида, а в системе смазки используется графитовая эмульсия.

Экологические требования: Работать в чистой окружающей среде.

Процесс работы

Процесс каландрирования:

Заготовку нагревают до высокой температуры и помещают в каландру.

Брусек образуется путем многократного прохода каландрирования и, таким образом, достигается качество поверхности.

После охлаждения хранить в сухом месте.

Процесс вытягивания:

Брусек нагревается и вытягивается через форму.

Несите смазку для контроля скорости вытягивания.

Проверьте диаметр электрода и качество поверхности.

Детали мастерства

Параметры каландрирования: степень деформации и температура должны быть соблюдены, чтобы избежать растрескивания.

Параметры: размер, форма и расположение смазочных материалов соответствуют чертежу

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

качества поверхности.

Наблюдение за окружающей средой: Поддерживать защитную атмосферу и низкую влажность.

Влияющие факторы

Точность оборудования: Точность валков и штампов влияет на качество обработки.

Свойства материала: Плотность и твердость материалов соответствуют критериям обработки.

Качество смазки: влияет на качество обработанной поверхности.

Эксплуатационные характеристики: параметры настройки и уровень технического обслуживания влияют на эффект обработки.

Оптимизируйте свой выход

Модернизация оборудования: внедрение высокоточного календаря и волочильной машины.

Оптимизация пресс-форм: воспользуйтесь износостойкостью пресс-форм с высокой твердостью.

Процессы мониторинга: Внедрите систему Диптихи в режиме реального времени.

Анализ данных: Создание базы данных параметров обработки.

Будущие тренды

Технология прецизионной обработки: Разработка оборудования, подходящего для ультратонких электродов.

Интеллектуальное оборудование: оптимизируйте параметры обработки с помощью датчиков.

Зеленые технологии: использование экологически чистых смазочных материалов и оборудования снижает энергопотребление.

Новое оборудование: такое, как машина непрерывного втягивания, повышение эффективности.

6.3.2 Прецизионные шлифовальные и полирующие станки

Как это работает:

Прецизионные шлифовальные станки очерчивают контуры конуса посредством шлифовки электродовыми алмазными шлифовальными кругами, а полированные станки улучшают качество поверхности и оптимизируют характеристики дугового разряда за счет химической или химической полировки.

Принцип шлифовки: Шлифовальный круг для удаления материала для счета проводного электропитания, создайте интеграцию в угол конуса.

Принцип полировки: Полирующая головка повышает качество поверхности за счет трения или химического воздействия.

Проектирование конструкций

Прецизионные шлифовальные машины:

Основные компоненты: шлифовальный круг, шпиндель, система охлаждения и система контроля угла наклона.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Особенности конструкции: Шлифовальный круг, изготовленный из алмазного материала, шпиндель обеспечивает высокоточное вращение.

Требования к окружающей среде: Работать в охлаждающих жидкостях во избежание термического повреждения.

Шлифовальная машина:

Основные компоненты: полирующая головка, система полировальной жидкости и система управления.

Особенности конструкции: Полированная головка изготовлена из мягкого материала, система управления обеспечивает угловую консистенцию.

Экологические требования: Работать в чистой окружающей среде.

Процесс работы

Процесс измельчения:

Электрод закреплен на шлифовальной машине, а также задан угол конуса и параметры шлифовального круга.

Продолжайте шлифовку и распылите охлаждающую жидкость.

Проверьте угол конуса и качество поверхности.

Процесс полировки:

Полированный электрод помещают в полирующую машину и покрывают полировальную жидкостью.

Приступайте к полировке, контролируйте скорость и время.

Проверьте качество поверхности.

Детали мастерства

Выбор шлифовального круга: размер частиц (200~400 меш) должен соответствовать размеру электрода.

Управление охлаждающей жидкостью: Поддерживайте низкую температуру (<30°C) и высокую чистоту.

Параметры полировки: Необходимо точно контролировать расстояние и скорость полировальной жидкости.

Влияющие факторы

Точность оборудования: точность шлифовального круга и полировальной головки влияет на качество обработки.

Свойства электродов: Твердость и микроструктура соответствуют сложности шлифовки.

Состояние охлаждающей жидкости: Влияет на эффект шлифовки и качество поверхности.

Эксплуатационные характеристики: параметры настройки и уровень технического обслуживания влияют на эффект обработки.

Оптимизируйте свой выход

Модернизация оборудования: использование высокоточного шлифовального станка и

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

полирующего станка.

Оптимизация круга: Используйте алмазный шлифовальный круг высокой твердости.

Процессы мониторинга: Внедрите систему Диптихи в режиме реального времени.

Анализ данных: Создание базы данных параметров обработки.

Будущие тренды

Лазерное шлифование: повышение точности и эффективности обработки.

Интеллектуальное оборудование: оптимизация параметров шлифовки с помощью датчиков.

Зеленые технологии: использование экологически чистой охлаждающей жидкости и оборудование с низким энергопотреблением.

Новое оборудование: такое как ультразвуковая полирующая машина, повышает качество поверхности.

6.3.3 Оборудование для резки и формовки

Как это работает:

Режущее оборудование разрезает прутки до регулировки длины с помощью лазерного или проволочного электроэрозионного станка, а формовочное оборудование корректирует прямолинейность электрода с помощью приспособления.

Принцип резки: лазерная резка растворяет материал с помощью высокоэнергетического излучения, а резка проволокой разъедает материал за счет разряда.

Принцип формирования: адаптация корректирует форму электрода с помощью электрических сил.

Проектирование конструкций

Станок для лазерной резки:

Основные компоненты: лазер, система измерения, мобильная платформа и система управления.

Особенности конструкции: Лазер излучает высокоэнергетический луч, система обеспечивает точность резки.

Требования к окружающей среде: Работать в охлаждающей жидкости или в защитной атмосфере.

Формовочное оборудование:

Основные компоненты: хомуты, гидравлическая система и система управления.

Конструктивные особенности: Хомут изготовлен из высокопрочных материалов, гидравлическая система обеспечивает устойчивое давление.

Экологические требования: Работать в чистой окружающей среде.

Процесс работы

Процесс резки:

Закрепите планку на режущей станке и установите параметры резки.

Запустите лазерную резку или резку проволоку, контролируйте скорость и траекторию.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Проверьте качество среза поверхности.

Процесс формирования:

Поместите электрод на приспособление и приложите корректирующее усилие.

Проверьте прямолинейность и качество поверхности.

Детали мастерства

Параметры резки: мощность лазера и скорость резки должны быть соблюдены во избежание термического воздействия.

Конструкция приспособления: Точность и жесткость приспособления влияют на коррекцию эффекта.

Наблюдение за окружающей средой: Поддерживать защитную и чистую окружающую среду.

Влияющие факторы

Точность оборудования: Точность лазеров и приспособлений влияют на качество обработки.

Свойства материала: Твердость и пластичность электрода зависят от сложности обработки.

Эксплуатационные характеристики: параметры настройки и уровень технического обслуживания влияют на эффект обработки.

Оптимизируйте свой выход

Модернизация оборудования: Используется высокоточный станок для лазерной резки и формовочного оборудования.

Процессы мониторинга: Внедрите систему Диптихи в режиме реального времени.

Анализ данных: Создание базы данных параметров обработки.

Экологический менеджмент: Оснащена эффективная система вентиляции.

Будущие тренды

Фемтосекундная лазерная резка: повышение точности и эффективности.

Интеллектуальное оборудование: оптимизируйте параметры обработки с помощью датчиков.

Зеленые технологии: разработка оборудования для резкого снижения энергопотребления.

Новое оборудование: такое как электромагнитный формовочный станок, коррекция угла наклона.

6.4 Оборудование для испытаний и контроля качества цериевых вольфрамовых электродов

Оборудование для контроля и качества используется для анализа состава, микроструктур и свойств электродов, чтобы убедиться, что они соответствуют требованиям высокопроизводительной сварки.

6.4.1 Состав анализаторов (ICP-MS, XRF и т.д.)

Как это работает:

Анализаторы состава обнаруживают уровни вольфрама, оксида церия и примесей в электродах с помощью методов спектроскопии масс-спектрометрии, определения чистоты и

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

оригинальности легирования.

Принцип ICP -MS: плазменная ионизация образец , масс-спектрометр анализирует качество ионов и обнаруживает примеси на уровне ppm.

Принцип рентгенофлуоресцентного излучения: Стимулируйте образец с помощью рентгеновского излучения, анализируйте спектр флуоресценции и быстро определите компоненты.

Проектирование конструкций

ИСП-МС :

Основные компоненты: плазменный генератор, масс-спектрометр, система введения проб и система анализа данных.

Конструктивные особенности: Плазменный генератор обеспечивает высокотемпературную ионизационную среду с высоким порогом масс-спектрометра (класс ppb).

Экологические требования: Эксплуатация в чистом помещении (уровень ISO 5).

РФА:

Основные компоненты: рентгеновская трубка, детектор и система обработки данных.

Конструктивные особенности: рентгеновские трубки обеспечивают стабильный источник света и детектор высокого разрешения.

Экологические требования: Эксплуатация в среде без пыли.

Процесс работы

Процесс ИСП -МС:

Образец растворяют в растворе кислоты и вводят в плазму.

Масс-спектрометр анализирует массу ионов и постоянно данные о составе.

Калибровочное оборудование для обеспечения точности контроля.

Процесс РФА:

Образец помещается под рентгеновский луч, и детектор собирает сигнал флуоресценции.

Система обработки данных анализирует различные компоненты.

Детали мастерства

Подготовка образца: Убедитесь, что поверхность образца чистая и не загрязнена.

Калибровка оборудования: Регулярно калибруйте стандартные компоненты для определения точности.

Условия окружающей среды: необходимо поддерживать низкую влажность и отсутствие пыли.

Влияющие факторы

Точность прибора: разрешение спектрометров и масс-спектрометров влияет на результаты анализа.

Качество образца: Загрязнение поверхности или неоднородность для анализа точности.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Эксплуатационные характеристики: Уровни напряжения и техническое обслуживание контролируют производительность оборудования.

Оптимизируйте свой выход

Модернизация оборудования: Используются ИСП-МС высокого разрешения и РФА.

Оптимизация образцов: Оптимизируйте процесс подготовки образцов.

Процессы мониторинга: Внедрите системный анализ данных в режиме реального времени.

Анализ данных: создание базы данных и оптимизация поиска ингредиентов.

Будущие тренды

Анализ с использованием эффективных технологий: Разработка оборудования, подходящего для обнаружения примесей в наноразмерном масштабе.

Интеллектуальные устройства: оптимизируйте анализ данных с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработка оборудования для анализа с низким энергопотреблением.

Новое оборудование: например, синхротронный РФА, для регулировки точности.

6.4.2 Оборудование для обнаружения микроструктур (СЭМ, ПЭМ)

Как это работает:

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) и просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) анализируют размер зерен и распределение частиц электродов с помощью электронно-лучевой визуализации.

Принцип СЭМ: электронный пучок сканирует образец поверхности для получения изображения с высокой степенью компетентности.

Принцип ПЭМ: электронный пучок проникает в образец и анализирует наноразмерную структуру.

Проектирование конструкций

БЕЗ:

Основные компоненты: электронная пушка, сканирующая катушка, детектор и вакуумная система.

Конструктивные особенности: Электронная пушка обеспечивает высокоэнергетический электронный пучок, вакуумная система обеспечивает высокое разрешение.

Требования к окружающей среде: Эксплуатация в условиях высокого вакуума.

ИМЕЕТ:

Основные компоненты: электронная пушка, система линз, предметный столик и система визуализации.

Конструктивные особенности: Система линз обеспечивает визуализацию с высокими технологиями, предметный столик-подставки наноразмерное позиционирование.

Требования к окружающей среде: Работа в условиях сверхвысокого вакуума.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Процесс работы

Процесс SEM:

Иницилируйте сканирование электронным лучом для создания поверхности изображения.
Анализируйте распределение частиц и размер зерен.

Процесс ПЭМ:

Были подготовлены ультратонкие детали и помещены на предметный столик для образца.
Электронный пучок активируется для проникновения в образец, создания наноразмерного изображения.
Анализ кристаллической структуры и распределения частиц.

Детали мастерства

Подготовка образца: СЭМ должен быть отполирован по поверхности, ТЭМ должен быть ультратонким.

Калибровка оборудования: Регулярно калибруйте электронный пучок и детектор.

Контроль современной ситуации: Необходимо поддерживать среду со сверхвысоким вакуумом и отсутствием вибрации.

Влияющие факторы

Точность устройства: разрешение открывать пучку и детектор, влияющий на качество изображения.

Качество образца: Качество поверхности или разрез влияет на результаты анализа.

Эксплуатационные характеристики: Уровни напряжения и техническое обслуживание контролируют производительность оборудования.

Оптимизируйте свой выход

Модернизация оборудования: использование SEM и TEM с высоким уровнем развития.

Оптимизация образцов: Оптимизируйте процесс подготовки для повышения качества образцов.

Процессы мониторинга: внедрение систем анализа изображений в режиме реального времени.

Анализ данных: Создание базы данных микроструктуры.

Будущие тренды

ПЭМ с высоким уровнем развития: анализ наноразмерных структур.

Интеллектуальные устройства: оптимизируйте анализ изображений с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработка микроскопов с низким энергопотреблением.

Новое оборудование: например, экологическое СЭМ, подходящее для динамических наблюдений.

6.4.3 Оборудование для тестирования производительности (тестер производительности инициации дуги)

Как это работает:

Тестер производительности инициации дуги измеряет характеристики электрода, моделирует условия сварки, измеряет напряжение дуги, стабильность тока и продолжительность дуги.

Принцип испытаний: дуга инициируется высокочастотным методом инициирования дуги, а электрические параметры - в качестве результата.

Основные показатели: пусковое напряжение дуги, стабильность дуги и срок службы электродов.

Проектирование конструкций

Основные компоненты: высокочастотный инициатор дуги, датчик тока, система контроля газа и система сбора данных.

Конструктивные особенности: Высокочастотный инициатор дуги обеспечивает стабильную дугу и высокую точность датчика ($\pm 0,1$ A).

Требования к окружающей среде: Работа в смоделированной сварочной среде.

Процесс работы

Процесс тестирования:

Электрод устанавливается на испытательное устройство, и включается газ-аргон.

Запустите высокочастотную дугу и запишите электрические параметры.

Проанализируйте производительность инициации дуги и стабильность дуги.

Детали мастерства

Параметры испытаний: необходимо точно контролировать ток, напряжение и расход газа.

Условия окружающей среды: необходимо смоделировать фактические условия сварки.

Калибровка оборудования: Регулярно калибруйте датчики для обеспечения точности.

Влияющие факторы

Точность оборудования: Точность датчиков и систем управления влияет на результаты испытаний.

Качество электродов: Распределение оксида церия влияет на производительность инициирования дуги.

Условия окружающей среды: чистота газа и влажность влияют на результаты испытаний.

Оптимизируйте свой выход

Модернизация оборудования: внедрение высокоточного тестера.

Оптимизация тестирования: оптимизация параметров тестирования для проверки нескольких условий сварки.

Процессы мониторинга: внедрение систем сбора данных в режиме реального времени.

Анализ данных: создание базы данных производительности и оптимизация тестирования.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Будущие тренды

Интеллектуальное тестирование: анализируйте данные о производительности с помощью искусственного интеллекта.

Многофункциональное обновление: Разработка комплексного оборудования для тестирования производительности.

Зеленые технологии: разработка испытательного оборудования с низким энергопотреблением.

Новое оборудование: например, динамический тестер для измерения точности.

6.5 Автоматика и интеллектуальное оборудование для цериевых вольфрамовых электродов

Автоматизация и интеллектуальные функции повышают производительность и стабильность качества благодаря робототехнике, датчикам и аналитике данных.

6.5.1 Промышленные роботы и автоматизированные производственные линии

Как это работает:

Промышленные роботы запрограммированы для выполнения таких задач, как перемешивание, прессование и обработка, а автоматизированные производственные линии обеспечивают непрерывность производства с помощью конвейерных лент и систем управления.

Принцип работы робота: Высокоточная операция выполняется с помощью многоосевых роботизированных рук.

Принцип работы производственной линии: интеграция процессов с помощью конвейерных лент и средств автоматизации.

Проектирование конструкций

Промышленные роботы:

Основные компоненты: роботизированная рука, серводвигатель, датчик и система управления.

Особенности конструкции: роботизированная рука обеспечивает высокоточное позиционирование, а датчики контролируют работу в режиме реального времени.

Экологические требования: Работать в чистой окружающей среде.

Автоматизированная производственная линия:

Основные компоненты: конвейерная лента, средства автоматизации и центральная система управления.

Конструктивные особенности: Конвейерная лента изготовлена из долговечных материалов, интегрирована система управления с мультиоборудованием для работы.

Требования к окружающей среде: Поддерживать окружающую среду без пыли и низкой влажности.

Процесс работы

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Работа робота:

Запрограммированные роботы для выполнения таких задач, как перемешивание и прессование.

Датчики следят за выполнением операции и корректировкой действий.

проверить качество готового продукта.

Работа производственной линии:

Запустите конвейерную ленту и координируйте работу каждого оборудования.

Центральная система управления контролем состояния производства.

Соберите готовый продукт и храните его в герметичном контейнере.

Детали мастерства

Программирование роботов: оптимизируйте траектории действий для оценки эффективности.

Координация производственной линии: оборудование должно быть подключено к сети для обеспечения непрерывности работы.

Контроль окружающей среды: Поддержание чистой и стабильной окружающей среды.

Влияющие факторы

Точность оборудования: Точность роботов и конвейерных лент влияет на качество производства.

Язык программирования: оптимизация программы влияет на эффективность.

Условия окружающей среды: пыль и влажность влияют на производительность оборудования.

Оптимизируйте свой выход

Модернизация оборудования: воспользуйтесь высокоточными роботами и конвейерными лентами.

Оптимизация программирования: Оптимизируйте способы действий с помощью искусственного интеллекта.

Процессы мониторинга: Внедрите систему Диптихи в режиме реального времени.

Анализ данных: Создание базы данных производственных параметров.

Будущие тренды

Коллаборативные роботы: повышение эффективности взаимодействия человека и машины.

Интеллектуальная производственная линия: интеграция оборудования через Интернет.

Зеленые технологии: разработка роботов с низким энергопотреблением.

Новое оборудование: например, гибкие производственные линии, приспособления для производства различных сортов.

6.5.2 Система онлайн-мониторинга и сбора данных

Как это работает:

Система онлайн-мониторинга определяет производственные параметры в режиме реального времени с помощью датчиков, система сбора данных, анализирует данные и оптимизирует процесс.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Принцип: датчики определяют такие параметры, как температура, давление и расход газа.

Принцип сбора данных: Анализируйте производственные данные с помощью баз данных и алгоритмов.

Проектирование конструкций

Система онлайн-мониторинга:

Основные компоненты: датчик, модуль передачи данных и система отображения.

Конструктивные особенности: Датчик обладает высокой высотой, модуль передачи данных поддерживает передачу в режиме реального времени.

Требования к окружающей среде: Он должен эксплуатироваться в стабильной среде.

Система сбора данных:

Основные компоненты: сервер, база данных и аналитическое программное обеспечение.

Особенности конструкции: база данных поддерживает хранение больших данных, аналитическое программное обеспечение интегрирует алгоритмы искусственного интеллекта.

Требования к окружающей среде: Работа в безопасной сетевой среде.

Процесс работы

Процесс Диптихи:

Датчики входят в состав производственного оборудования для сбора данных в режиме реального времени.

Данные передаются в систему отображения для контроля состояния производства.

Отрегулируйте аномальные параметры обеспечения стабильной добычи.

Процесс сбора данных:

Соберите производственные данные и сохраните их в базе данных.

Оптимизация параметров технологического процесса с помощью аналитического программного обеспечения.

Составьте отчеты о качестве управления производством.

Детали мастерства

Выбор датчика: Высокоточный датчик следует выбирать в соответствии с типом параметров.

Анализ данных: Алгоритмы должны быть соблюдены для оценки эффективности анализа.

Контроль окружающей среды: Обеспечьте стабильность сети и электропитания.

Влияющие факторы

Датчик точности: влияет на качество данных.

Эффективность алгоритма: влияет на анализ результатов.

Стабильность сети: влияет на передачу данных.

Оптимизируйте свой выход

Модернизация оборудования: внедрение высокоточных датчиков и серверов.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Оптимизация алгоритмов: машинное обучение для повышения точности анализа.

Оптимизация сети: Обеспечивает стабильную передачу данных.

Анализ данных: создать необходимые ресурсы данных для оптимизации процесса.

Будущие тренды

Технология цифровых двойников: моделирует параметры оптимизации производственного процесса.

Интеллектуальный мониторинг: динамическая настройка параметров с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработка систем с низким энергопотреблением.

Новое оборудование: например, мультисенсорная интегрированная система, повышение эффективности Диптихи.



Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Copyright© 2025 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2025 version
www.ctia.com.cn

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

Глава 7 Отечественные и зарубежные стандарты на цериевые и вольфрамовые электроды

Качество и производительность цериевых вольфрамовых электродов как представителей неплавящихся электродов напрямую влияют на стабильность и эффективность процессов сварки и резки. Отечественные и зарубежные стандарты устанавливают стандартизированное техническое руководство по производству, испытаниям и применению цериевых вольфрамовых электродов, обеспечивающее постоянство качества продукции и уровень интернационализации отрасли. В этой главе систематически излагается система стандартизации цериевых вольфрамовых электродов с четырьмя аспектами: создание стандартов, основных стандартов, стандартов сравнения и интерпретации, а также тенденций изменений и стандартов развития, а также глубокий анализ предыстории, назначения, сферы применения и основного содержания каждого стандарта.

7.1 Международный стандарт на цериевые вольфрамовые электроды

Международные стандарты, глобальные технические критерии для производства и применения церий-вольфрамовых электродов, в основном стандарты Международной организации по стандартизации (ISO), Американского общества сварки (AWS) и Европейского комитета по стандартизации (EN). Эти стандарты содержат всестороннее руководство по контролю качества цериевых вольфрамовых электродов, обеспечению их применимости и согласованности на мировом рынке, начиная с классификации, химического состава, требований к размерам, расходных показателей и конечных методов испытаний.

7.1.1 ISO 6848: Классификация и требования к вольфрамовым электродам.

Стандартная предыстория

ISO 6848 Дуговая сварка и резка. Электроды неплавящиеся вольфрамовые. Классификация была разработана международной организацией по стандартизации (ISO) и впервые опубликована в 1984 году и в последний раз пересмотрена в 2004 году. Стандарт по обеспечению единых требований к классификации и характеристикам неплавящихся вольфрамовых электродов для дуговой сварки в среде инертного газа (TIG), плазменной сварки и резки, охватывающих чистые вольфрамовые электроды и электроды, такими как оксид церия, оксид оксида лантана. Цериево-вольфрамовые электроды постоянно контролируются в стандартах WC20 из-за их низкой радиоактивности и превосходных характеристик дугового разряда, а также широко используются в кабелях высокоточной сварки, таких как аэрокосмическая промышленность, автомобилестроение и энергетика.

Цель: Содействие международной торговле и техническому обмену посредством стандартизации классификации, состава и характеристик вольфрамовых изделий, а также обеспечения универсальности изделий в различных странах и отраслях.

Область применения: Приспособление для сварки TIG, плазменной сварки и резки, охватывающее широкий спектр, приводит к применению, от прецизионной сварки слабыми токами до промышленной сварки с высоким уровнем теплового воздействия.

История изменений: В первом издании в 1984 году была установлена базовая

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

классификационная база, а в редакции 2004 года добавлены уточненные требования к легированным электродам, отражающие разработку новых электродных материалов.

Стандартное содержание

В стандарте ISO 6848 подробно изложены технические требования к церий-вольфрамовым электродам (WC20), охватывающие следующие аспекты:

Классификация и идентификация: Цериевые вольфрамовые электроды классифицируются как WC20 с содержанием оксида церия 1,8% ~ 2,2% (массовая доля). Стандарт требует, чтобы клеммы электродов были помечены серым цветом для идентификации освещения.

Химический состав: Чистота вольфрамовой матрицы должна обеспечивать более 99,5%, содержание оксида церия в качестве основного легирования должно строго контролироваться на уровне 1,8% ~ 2,2% для оптимизации характеристик инициирования дуги и стабильности дуги. Содержание примесей (например, железо, упаковка, кремния) должно устанавливаться на более низком уровне, чтобы не влиять на производительность электрода.

Размеры и допуски: диаметр электродов варьируется от 0,510 мм до 50175 мм в соответствии с требованиями прецизионного производства (например, допуск по диаметру $\pm 0,05$ мм, допуск по длине ± 1 мм). В стандартах также указаны требования к прямолинейности и округлости электрода.

Поверхность поверхности: поверхность электрода должна быть гладкой и не иметь трещин, оксидных слоев, масляных пятен или механических повреждений. Обработка поверхности должна соответствовать требованиям высокочастотного дугового разряда, обычно достигаемого полировки или химической очистки.

Требования к характеристикам: Подчеркните характеристики дугового разряда, стабильность напряжения и устойчивость к выгоранию цериев-вольфрамовых электродов при низких токах. Стандарт требует, чтобы электрод прошел испытания на зарождение дуги и испытания на размерную дугу, чтобы проверить его производительность в различных условиях сварки.

Методы обнаружения: масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) или рентгенофлуоресцентная спектроскопия (РФА) используется для определения химического состава, сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) используется для анализа микроструктур, тестер инициации дуги используется для измерения электрических свойств.

Упаковка и хранение: Упаковка электродов должна быть влаго- и пыленепроницаемой, при этом должна быть указана модель WC20, номер партии и информация о производителе. Упаковочные материалы должны соответствовать международным нормам по отгрузке, гарантируя, что электроды не будут повреждены при транспортировке и хранении.

Требования к сертификации. Производители должны представить переносы в органы сертификации ISO для получения сертификата в соответствии с критериями состава, размеров и характеристик производительности.

Дополнительные примечания

В стандарте ISO 6848 особое внимание уделяется преимуществам церий-вольфрамовых электродов, рекомендованных с низкой радиацией, которые используются в качестве альтернатив электродам из оксида тория для современных тенденций с высоким уровнем

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

безопасности, таких как аэрокосмическая промышленность. Стандарт также содержит подробные рекомендации по цветовой кодировке, обеспечению стабильности датчиков WC20 на мировом рынке. Кроме того, стандартные приложения содержат рекомендации по параметрам сварки, таким как рекомендуемые диапазоны силы тока и типы защитных газов (аргон или гелий), чтобы выбрать для пользователя справочные материалы по применению.

7.1.2 AWS A5.12: Технические характеристики вольфрамовых электродов

Стандартная предыстория

AWS A5.12 «Спецификации вольфрамовых и оксидно-дисперсных вольфрамовых электродов для дуговой сварки и резки» была разработана Американским обществом сварщиков (AWS) и в последний раз пересматривалась в 2009 году. Настоящий стандарт содержит подробные требования к производству и применению вольфрамовых электродов на рынке Северной Америки, а также цериевые вольфрамовые электроды, такие как EWCe-2, которые подходят для сварки TIG и плазменной сварки и широко используются в аэрокосмической, автомобильной, энергетической и других отраслях промышленности.

Цель: Обеспечить единые стандарты для вольфрамовых электродов на рынке Северной Америки, обеспечить качество продукции и надежность сварочных процессов, а также обеспечить стандартизацию отрасли.

Область применения: Приспособление для сварки TIG, плазменной сварки и резки, с особым акцентом на контурах высокоточной и слаботочной сварки.

История изменений: Первая редакция в 1998 году заложила основу для классификации, пересмотренная версия в 2009 году добавила требования к эксплуатационным характеристикам легированных электродов для адаптации к разработке нового сварочного оборудования.

Стандартное содержание

AWS A5.12 содержит стандартные технические требования к церий-вольфрамовым электродам (EWCe-2), охватывающие следующие аспекты:

Классификация и идентификация: Цериевые вольфрамовые электроды классифицируются как EWCe-2 с содержанием оксида церия 1,8% ~ 2,2%, а концы маркируются серым цветом, соответствующим стандарту ISO 6848 для международной идентификации.

Химический состав: Чистота вольфрамовой матрицы должна составлять $\geq 99,5\%$, а содержание оксида церия строго контролируется на уровне 1,8% ~ 2,2%. Содержание примесей (например, железо, кремния, воздействие) должно быть расположено ниже порога для защиты электрода от электрических характеристик.

Размеры и допуски: диаметры электродов варьируются от 0,56,4 мм до длины от 75300 мм, с допусками (например, допуск по диаметру $\pm 0,03$ мм, допуск по длине $\pm 0,5$ мм), что соответствует требованиям для высокоточных применений.

Качество поверхности: На поверхности электрода не должно быть трещин, оксидов, масляных пятен или механических царапин. Поверхность должна быть прецизионно

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

отполирована для создания эффекта слаботочной дуговой дуги.

Требования к всем характеристикам: Подчеркните эффективность инициирования дуги и стабилизации дуги электродов EWSe-2 при сварке постоянным током (DC) и переменным током (AC), что требует высокочастотных испытаний на инициирование дуги и длительных испытаний на размерную дугу.

Обнаруженные методы: рекомендуется использовать РФА или атомно-абсорбционную спектроскопию (AAC) для определения химического состава, СЭМ или световую микроскопию для анализа микроструктур, а также дуговые тестеры для оценки инициации дуги и измерения размеров дуги.

Упаковка и хранение: Упаковка электродов должна быть влаго- и пыленепроницаемой, с маркировкой модели, размера и информации о производителе EWSe-2. Упаковка должна соответствовать североамериканским стандартам доставки, чтобы предотвратить механические повреждения во время транспортировки.

Требования к сертификации: Компании должны представить материалы в органы сертификации AWS для проверки соответствия характеристик, размера и производительности для получения сертификата соответствия.

Дополнительные примечания

В AWS A5.12 особое внимание уделяется единообразию цветового кодирования, а серая маркировка EWSe-2 широко используется на рынке Северной Америки, что позволяет пользователям быстро определять типы электродов. Стандарт также содержит подробную таблицу параметров сварки, в которой рекомендуется диапазон силы тока и расположение защитных газовых электродов разных диаметров, что способствует оптимизации процесса сварки. Кроме того, стандартные меры применения предусматривают меры предосторожности при хранении электродов и возбуждении с ними, такие как избегание высоких температур и влажности для продления срока службы электродов.

7.1.3 EN 26848: Европейский стандарт на вольфрамовые электроды.

Стандартная предыстория

Стандарт EN 26848 «Вольфрамовые электроды для дуговой сварки в среде инертного газа, в среде защитных газов и для плазменной резки и сварки» был разработан низким комитетом по стандартизации (CEN) и в последний раз пересматривался в 1991 году. Настоящий стандарт содержит технические характеристики вольфрамовых электродов для европейского рынка, а цериевые вольфрамовые электроды известны как WC20 в соответствии с ISO 6848 для TIG и плазменной сварки и широко используются в аэрокосмической, энергетической и автомобильной промышленности.

Цель: Унифицировать спецификации вольфрамовых электродов на европейском рынке, обеспечить технический обмен и доступность на рынке, а также обеспечить качество и безопасность продукции.

Область применения: приспособление для сварки TIG, плазменной сварки и резки, особенно подходит для работы с высокими требованиями и требованиями к защите окружающей среды.

История изменений: Редакция 1991 года привела в соответствие со стандартом ISO 6848 и

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

добавила требования к различным характеристикам легированных электродов.

Стандартное содержание

Стандарт EN 26848 подробно описывает технические требования к церий-вольфрамовым электродам (WC20) и рассматривает следующие аспекты:

Классификация и идентификация: Цериевые вольфрамовые электроды классифицируются как WC20 с содержанием оксида церия 1,8% ~ 2,2% и серой маркировкой на концах, что соответствует ISO 6848.

Химический состав: Чистота вольфрамовой матрицы должна составлять $\geq 99,5\%$, содержание оксида церия - 1,8% ~ 2,2%, содержание примесных элементов (таких как железо и углерод) необходимо строго контролировать.

Размеры и допуски: Диаметры электродов варьируются от 0,510 мм до 50175 мм для длины с учетом требований к допускам (например, допуск по диаметру $\pm 0,05$ мм, допуск по длине ± 1 мм).

Поверхность электрода должна быть гладкой, без трещин, оксидных слоев или загрязнений, а также должна быть отполирована или подвергнута химической очистке для обеспечения состояния высокочастотного дугового разряда.

Требования к всем характеристикам: Подчеркивая эффективность инициирования дуги и стабильность напряжения электродов WC20 при низких токах, он должен пройти стандартизированные испытания по созданию дуги и размерные испытания дуги.

Методы обнаружения: ICP-MS или XRF используются для определения химического состава, SEM — для анализа микроструктур, тестер инициации дуги — для измерения электрических свойств.

Упаковка и хранение: Упаковка электродов должна быть влаго- и пыленепроницаемой, иметь маркировку модели WC20, номер партии и информацию о производителе, а также соответствовать строгим стандартам качества.

Требования к сертификации: Предприятиям необходимо представить изменения в органе сертификации CEN для тестирования по составу, размерам и характеристикам производительности для получения сертификата соответствия.

Дополнительные примечания

Стандарт EN 26848 в различной степени гармонизирован с ISO 6848, что обеспечивает низкую радиоактивность и воздействие церий-вольфрамовых электродов, которые соответствуют строгим требованиям европейского рынка к безопасности и устойчивости. Стандарт также содержит рекомендации по сварочным процессам, такие как рекомендуемое использование аргона в качестве защитного газа и регулировка тока в зависимости от диаметра электрода. Кроме того, в стандартных приложениях указаны экологические требования к хранению электродов, такие как использование перерабатываемых упаковочных материалов, что отражает акцент Европы на «зеленом» производстве.

7.2 Отечественные стандарты на цериевые вольфрамовые электроды.

Национальные стандарты соблюдают стандарты производства и применения цериевых

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

вольфрамовых электродов на китайском рынке, в основном включая стандарты устойчивости (GB) и отраслевые стандарты (JB) для обеспечения качества продукции и конкурентоспособности отрасли. Эти стандарты в сочетании с техническим уровнем и требованиями применения на китайском рынке требуют локализованного руководства по производству и использованию церий-вольфрамовых электродов.

7.2.1 GB/T 4192: Технические условия вольфрамовых электродов.

Стандартная предыстория

GB/T 4192 «Вольфрамовые электроды для дуговой сварки в среде инертного газа, плазменной сварки и резки» был разработан Национальным техническим комитетом по стандартизации, последняя пересмотренная версия была в 2015 году. Настоящий стандарт обеспечивает технические характеристики вольфрамовых электродов на китайском рынке, цериевые вольфрамовые электроды типа WC20, предназначенные для сварки TIG и плазменной сварки и широко используемые в космической, авиационной, автомобильной и других отраслях промышленности.

Цель: Стандартизация производства, внедрение и применение отечественных вольфрамовых электродов, повышение качества продукции и конкурентоспособности отрасли, а также легкий доступ на международный рынок.

Область применения: Приспособление для сварки TIG, плазменной сварки и резки, закрывающих листы от прецизионной сварки слабыми токами до промышленной сварки с высоким уровнем теплового воздействия.

История изменений: Первоначальная редакция 2000 года установила базовую основу, редакция 2015 года была гармонизирована с ISO 6848 для соответствия требованиям к различным характеристикам легированных электродов.

Стандартное содержание

GB/T 4192 всесторонне оговаривает технические требования к церий-вольфрамовым электродам (WC20), охватывая следующие аспекты:

Классификация и идентификация: Цериевые вольфрамовые электроды классифицируются как WC20, с содержанием оксида церия 1,8% ~ 2,2%, а на концах используется серая маркировка, соответствующая стандарту Международной ассоциации производителей металлов.

Химический состав: Чистота вольфрамовой матрицы должна составлять $\geq 99,5\%$, а содержание оксида церия строго контролируется на уровне 1,8% ~ 2,2%. Содержание примесных элементов (например, железа, кремния, окружающей среды) должно быть показано ниже порога для обеспечения работоспособности электрода.

Размеры и допуски: Диапазон диаметров электродов составляет 0,5-10 мм, диапазон длины — 50-175 мм, требования к допускам производства умеренные (например, допуск по диаметру $\pm 0,1$ мм, допуск по длине $\pm 1,5$ мм), соответствующие отечественным условиям.

Качество поверхности: поверхность электрода не должна иметь трещин, оксидов или загрязнений, пользователь, находящийся в дуговом разряде, должен быть обеспечен

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

полировкой или очисткой.

Требования к эксплуатационным характеристикам: Подчеркните эффективность инициирования дуги, стабильность напряжения и устойчивость к высоким температурам электродов WC20, которые должны пройти испытание на зарождение дуги и выдержку на размерной дуге.

Методы обнаружения: для определения химического состава включают РФА или ААС, для анализа микроструктур — СЭМ или световая микроскопия, а для измерения электрических свойств — тестер зарождения дуги.

Упаковка и хранение: Упаковка электродов должна быть влаго- и пыленепроницаемой, иметь маркировку модели WC20, размер и информацию о производителе, а также соответствовать правилам транспортировки.

Требования к сертификации: Предприятиям необходимо представить изменения в национальном органе сертификации для проверки требований по составу, размерам и характеристикам производительности для получения сертификата на соответствие.

Дополнительные примечания

GB/T 4192 был разработан с учетом производственной мощности и соответствия китайскому рынку контролю затрат, с несколько более мягкими требованиями к соблюдению условий по сравнению с международными стандартами, но с требованиями к производительности, соответствующими ISO 6848. Стандарт также содержит рекомендации по параметрам сварки, такие как рекомендуемый диапазон силы тока и тип защитного газа, что обеспечивает эффективную оптимизацию процесса для потребителей. Кроме того, в стандартном приложении предусмотрены меры предосторожности при хранении электродов и усилении работы с ними, такие как избегание работ во влажных и высокотемпературных средах для обеспечения качества электродов.

7.2.2 JB/T 12706: Стандарт вольфрамовых электродов для сварки.

Стандартная предыстория

JB/T 12706 «Вольфрамовый электрод для сварки» был основан Китайской федерацией машиностроительной промышленности, последняя редакция была в 2017 году. Настоящий стандарт обеспечивает технические условия для производства и применения вольфрамовых электродов в машиностроении, цериевых вольфрамовых электродов типа WC20, предназначенных для TIG и плазменной сварки, и широко используемых в машиностроении, судостроении, энергетике и других отраслях промышленности.

Цель: Стандартизировать производство и использование вольфрамовых электродов в машиностроении для обеспечения качества продукции и надежности сварочных процессов.

Область применения: приспособление для сварки TIG и плазменной сварки в области механического производства, особенно подходит для проявления требований к высокой прочности и коррозионной стойкости.

История изменений: В первом издании в 2010 году были установлены основные технические характеристики, а в редакции 2017 года были добавлены требования к эксплуатационным характеристикам для легированных электродов.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Стандартное содержание

В стандарте JB/T 12706 подробно изложены технические требования к церий-вольфрамовым электродам (WC20), охватывающие следующие аспекты:

Классификация и идентификация: Цериевые вольфрамовые электроды классифицируются как WC20 с содержанием оксида церия 1,8% ~ 2,2%, а на концах используется серая маркировка.

Химический состав: Чистота вольфрамовой матрицы должна составлять $\geq 99,5\%$, содержание оксида церия - 1,8% ~ 2,2%, а содержание примесных элементов (таких как железо и алюминий) должно строго контролироваться.

Размеры и допуски: диаметры электродов варьируются от 0,58 мм до 50–150 мм для длины с умеренными требованиями к допускам (например, допуски по диаметру $\pm 0,1$ мм).

Качество поверхности: поверхность электрода должна быть гладкой, без трещин, оксидов или механических повреждений и должна быть отполирована для обеспечения сварки.

Требования к всем характеристикам: Подчеркните эффективность зарождения дуги и стабильности напряжения электрода WC20, что необходимо для проведения высокоинтенсивной сварки и обязательных проверок с помощью испытаний дуги.

Метод обнаружения: AAS или XRF для определения химического состава, оптический микроскоп для анализа микроструктур, тестер инициации дуг для оценки производительности.

Упаковка и хранение: Упаковка электродов должна быть влаго- и пыленепроницаемой, иметь маркировку модели WC20 и информацию о производителе, а также соответствовать транспортным нормам машиностроительной промышленности.

Требования к сертификации: Компании должны представить образцы в отраслевых органах сертификации для проверки качества, размера и эксплуатационных характеристик.

Дополнительные примечания

В стандарте JB/T 12706 обеспечивается производительность церий-вольфрамовых электродов в условиях высокой тепловложенности и коррозионной стойкости при сравнительно гибких требованиях к допускам, пригодным для производственных мощностей отечественных малых и средних предприятий. Стандарт также содержит рекомендации по сварочным процессам, такие как рекомендуемое использование аргона или аргоно-гелиевых смесей для оптимизации качества сварных швов. Кроме того, в стандартных приложениях принимаются меры предосторожности при хранении электродов, такие как предотвращение механических повреждений и влажной среды.

7.2.3 Другие соответствующие отраслевые стандарты

Стандартная предыстория

В дополнение к GB/T 4192 и JB/T 12706, в Китае и других отраслевых стандартах, промышленных цериевых вольфрамовых электродах, таких как Стандарт аэрокосмической промышленности (HB) и Стандарт энергетической промышленности (NB). Эти стандарты адаптированы к потребностям конкретных отраслей промышленности, дополняя разработки национальных стандартов для выполнения требований, таких как аэрокосмическая и

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

энергетическая промышленность.

Стандарт NB: такой, как NB 7716 «Вольфрамовый электрод для авиационной сварки», разработанный Китайским комитетом по стандартизации авиационной техники, подходящий для аэрокосмической высокоточной сварки.

Стандарты NB: такие как NB/T 47018 «Технические спецификации для сварочного оборудования, работающего под давлением», разработанная Национальным энергетическим управлением, охватывающая сварку трубопроводов и сосудов высокого давления в энергетической отрасли.

Цель: Предоставление типовых технических спецификаций для отдельных отраслей промышленности, чтобы обеспечить, чтобы характеристики электродов соответствовали специальным требованиям.

Стандартное содержание

NB 7716:

Классификация и идентификация: Цериевый вольфрамовый электрод Обозначается как WC20 с добавкой оксида церия 1,8% ~ 2,2%, а на концах используется серая маркировка.

Химический состав: Чистота вольфрамовой матрицы составляет $\geq 99,7\%$, содержание примесей чрезвычайно низкое, что соответствует высоким требованиям надежности аэрокосмической отрасли.

Размеры и допуски: диаметры электродов варьируются от 0,54 мм до 50150 мм с учетом допусков (например, допуски по диаметру $\pm 0,02$ мм).

Поверхность поверхности: поверхность должна быть без каких-либо дефектов, и она должна быть выполнена с помощью прецизионной полировки для соблюдения требований дугового разряда с низким током.

Требования к эксплуатационным характеристикам: Подчеркивая низкоточные характеристики дуги и стабильность дуги, он должен пройти испытание на высокочастотный дуговой разряд.

Метод детектирования: для детектирования компонентов использовали ICP-MS, для анализа микроструктур — SEM, а для оценки производительности использовали тестер инициации дуги.

Упаковка и хранение: Требуется влагонепроницаемая и пыленепроницаемая упаковка с указанными моделями и номерами партий, а также соответствие нормам авиаперевозок.

NB/T 47018:

Классификация и идентификация: Цериевый вольфрамовый электрод Обозначается как WC20, содержание оксида церия составляет 1,8% ~ 2,2%.

Химический состав: Чистота вольфрамовой матрицы должна быть $\geq 99,5\%$, содержание примесей низкое.

Размеры и допуски: Диаметры электродов варьируются от 18 мм до 50–175 мм для длины с умеренными допусками.

Поверхность поверхности: Требуется гладкая поверхность без трещин и оксидов.

Требования к эксплуатационным характеристикам: Подчеркните термостойкость и

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

прочность сварных швов, а также проверьте прочность дуги.

Методы обнаружения: RFA используется для обнаружения компонентов, оптические микроскопы используются для анализа структур, тестовые программы инициации используются для оценки производительности.

Упаковка и упаковка: Требуется влагозащищенная упаковка с указанием номеров моделей и информацией о производителе.

Другие стандарты: такие, как Стандарт морской промышленности (CB) и Стандарт железнодорожной промышленности (TB), которые имеют общие требования к производительности и испытаниям для цериевых вольфрамовых электродов, уделяя особое внимание коррозионной стойкости и высокопрочной сварке.

Дополнительные примечания

NB 7716 отвечает требованиям точности аэрокосмической техники, с более строгими допусками и стандартами производительности, а также подходит для сварки тонкостенных конструкций и жаропрочных сплавов. Стандарт NB/T 47018 ориентирован на высококачественное теплоснабжение и оборудование в энергетической отрасли, что обеспечивает стабильность электродов в длительных периодах сварки. Эти отраслевые стандарты, в соответствии с GB/T 4192, содержат более подробные рекомендации по применению для соответствующих категорий отраслей промышленности.

7.3 Стандартное сравнение и интерпретация цериевых вольфрамовых электродов

7.3.1 Сходства и различия между отечественными и зарубежными стандартами

Контрастный фон

Существуют общие черты и различия в отечественных и стандартных зарубежных странах с точки зрения классификации, химического состава, требований к размерам, производительности показателей и методов испытания цериевых вольфрамовых электродов, отражающих рыночные характеристики, технический уровень и нормативные требования в разных регионах. Ниже приведены подробные сравнения стандартов ISO 6848, AWS A5.12, EN 26848, GB/T 4192 и JB/T 12706 по стандартным параметрам.

Классификация и идентификация:

Сходства: ISO 6848, AWS A5.12, EN 26848, GB/T 4192 и JB/T 12706 определяют церий-вольфрамовые электроды как WC20 (EWCe-5.12 для AWS A2) с содержанием оксида церия 1,8% ~ 2,2% и серой маркировкой на концах для обеспечения глобальной согласованности.

Отличие: AWS A5.12 делает упор на строгое внедрение кодирования цветов, а на рынке Северной Америки предъявляются более высокие требования к серой маркировке EWCe-2; Стандарты строгости (такие как JB/T 12706) более гибки в идентификации, что позволяет уделять пристальное внимание текстовым знакам; Стандарт NB 7716 предъявляет более строгие требования к маркировке аэрокосмической продукции, включая номера партий и информацию о производителях.

Химический состав:

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Сходства: Все стандарты требуют чистоты $\geq 99,5\%$ вольфрамовой матрицы, содержания оксида церия $1,8\% \sim 2,2\%$ и содержания примесей (таких как железо, углерод, кремний), которые необходимо строго контролировать.

определение: ISO 6848 и EN 26848 предъявляют более подробные требования к типам и пороговым значениям примесных элементов, перечислению конкретных элементов (например, железо $<0,05\%$); AWS A5.12 предъявляет повышенные требования к точности обнаружения примесей; GB/T 4192 и JB/T 12706 учитывают внутренние производственные затраты и имеют несколько более слабый контроль примесей; Для HB 7716 необходима вольфрамовая матрица чистотой $\geq 99,7\%$, что соответствует требованиям аэрокосмической отрасли.

Размеры и допуски:

Сходства: диапазон диаметров (0,510 мм) и диапазон длины (50–300 мм) в целом одинаковы, а требования соответствуют требованиям прецизионного производства.

вычисления: AWS A5.12 и HB 7716 предъявляют более жесткие требования к допускам (например, допуск по диаметру $\pm 0,03$ мм), что делает их пригодными для высокоточных приложений; GB/T 4192 и JB/T 12706 имеют свободные допуски (например, допуск по диаметру $\pm 0,1$ мм) и соответствуют отечественным производственным условиям; Допуски EN 26848 соответствуют стандарту ISO 6848, что обеспечивает единообразие на европейском рынке.

Поверхность:

Сходства: Все стандарты требуют гладкой поверхности электродов без трещин, оксидов или загрязнений и должны быть отполированы или подвергнуты химической очистке.

определения: AWS A5.12 и HB 7716 требуют более высокой чистоты поверхности и должны соответствовать требованиям дугового разряда с низким током; GB/T 4192 и JB/T 12706 предъявляют умеренные требования к качеству поверхности, а также снижают производственные затраты; Стандарт EN 26848 обеспечивает экологически чистые методы очистки и соответствует строгим нормам.

Требования к производительности:

Сходства: Оба учитывают эффективность инициирования дуги, стабильность дуги и термостойкость цериевых вольфрамовых электродов, которые должны пройти испытания по инициированию дуги и масштабные дуговые испытания.

обработка: ISO 6848 и EN 26848 больше ориентированы на характеристики слаботочной дуговой дуги и приспособления для прецизионной сварки; AWS A5.12 отвечает требованиям к производительности пайки постоянным и переменным током; GB/T 4192 и JB/T 12706 больше ориентированы на откосы с высоким теплообеспечением; HB 7716 обеспечивает высочайшую надежность в аэрокосмической отрасли.

Метод обнаружения:

Сходства: Все они требуют определения химического состава с помощью ICP-MS, XRF или AAS, SEM или световой микроскопии для микроструктур и тестера инициации дуг для

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

электрической характеристики.

Отличие: AWS A5.12 предъявляет более строгие требования к калибровке инспекционного оборудования, требующие использования высокоточных приборов; GB/T 4192 и JB/T 12706 позволяют использовать более дешевые методы испытаний; HB 7716 требует дополнительных испытаний микроструктур для проверки наноразмерной прочности.

Упаковка и хранение:

Сходства: Оба требуют влаго- и пыленепроницаемой упаковки с указанием моделей, размеров и информации о производителе.

определение: AWS A5.12 и EN 26848 предъявляют более высокие экологические требования к упаковочным материалам; GB/T 4192 и JB/T 12706 уделяйте больше внимания экономии упаковки; HB 7716 требует упаковки авиационного класса для предотвращения повреждений при транспортировке.

Дополнительные примечания

Общность отечественных и местных стандартов заключается в обеспечении стабильности производительности и рыночной универсальности цериевых вольфрамовых электродов, в то время как различия отражают технический уровень и сферу применения регионального рынка. ISO 6848 и EN 26848 в большей степени ориентированы на глобальную гармонизацию, AWS A5.12 предъявляет высокие требования к точности на рынке Северной Америки, GB/T 4192 и JB/T 12706 определяют экономическую эффективность на китайском рынке, а HB 7716 ориентируются на надежность аэрокосмической отрасли. Гармонизация данных рекомендаций учитывает международную торговлю, но учитывает также требование от компаний корректировать свои методы производства и потребления при экспорте.

7.3.2 Руководящее значение стандарта для производства и применения

Справочная информация

Отечественные и зарубежные стандарты содержат принципиальные технические рекомендации по производству и применению цериевых вольфрамовых электродов, от выбора метода до оптимизации процесса сварки, снижения качества продукции и надежности процесса. Ниже рассмотрен руководящее значение стандарта с двумя аспектами: производство и применение.

Производитель производства:

Выбор причины: Все стандарты требуют чистоты вольфрамовой матрицы $\geq 99,5\%$ и содержания оксида церия $1,8\% \sim 2,2\%$, что, в свою очередь, обеспечивает предприятия выбором вольфрамового порошка высокой чистоты и оксида церия, чтобы обеспечить соответствие требованиям. Более высокие требования к чистоте HB 7716 ($\geq 99,7\%$) продолжают использовать авиакосмические компании с высокой чистотой.

Управление технологическими процессами: Допуски к размерам и требования к качеству поверхности, опираясь на стандарты, направляют предприятия для оптимизации процессов порошковой металлургии, прессования, спекания и обработки. Жесткие допуски AWS A5.12 обуславливают использование высокоточного оборудования, в то время как умеренные

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

допуски GB/T 4192 предназначены для производственных мощностей малых и средних предприятий.

Тестирование качества: Стандарт разъясняет методы испытаний (такие как ICP-MS, SEM, испытания при запуске дуги) и направляет предприятие по созданию системы контроля качества для обеспечения стабильной производительности электродов. Требования стандарта EN 26848 к испытаниям на воздействие окружающей среды побудили компании внедрить экологически чистые технологии уборки.

Соответствие сертификации: Стандарт требует от предприятий пройти проверку документа по сертификации и получить сертификат соответствия для повышения конкурентоспособности продукции на рынке. Международные сертификаты по ISO 6848 и AWS A5.12 особенно важны для легкого доступа к мировым рынкам.

Производитель по применению:

Оптимизация параметров сварки: стандартный диапазон тока, тип защитного газа и рекомендации по использованию конуса помогут пользователю оптимизировать процесс сварки. Например, ISO 6848 описывает параметры слаботочной дуги для прецизионной сварки; NB/T 47018 обладает отличными тепловыми входными параметрами и подходит для энергетической промышленности.

Адаптация к отраслевым отклонениям: Стандарт содержит рекомендации для различных отраслевых стандартов. NB 7716 подходит для высокоточной сварки в аэрокосмической отрасли, JB/T 12706 подходит для высокоинтенсивной сварки в промышленной промышленности, AWS A5.12 подходит для сварки постоянным и переменным током.

Безопасность и защита окружающей среды: Экологические требования EN 26848 и GB/T 4192 предписывают предприятиям использовать экологически чистую упаковку и материалы с низким уровнем радиационной безопасности для безопасного использования. Цветовая кодировка AWS A5.12 помогает пользователям быстро выбрать типы электродов.

Конкурентоспособность на рынке: электроды, соответствующие международным регионам, с большими ограничениями выходят на рынки Северной Америки и Европы, в то время как электроды, соответствующие внешнему стандарту, обеспечивают данный фактор в стоимости и производительности, повышая конкурентоспособность предприятий на различных рынках.

Дополнительные примечания

Основное значение стандарта заключается в том, чтобы обеспечить единую основу для производства и применения, гарантируя, что качество и производительность цериновых вольфрамовых электродов соответствуют потребностям отрасли. Международные стандарты (такие как ISO 6848, AWS A5.12) способствуют глобальному производству и торговле, в то время как основные стандарты (такие как GB/T 4192, JB/T 12706) сочетают в себе характеристики китайского рынка, чтобы сбалансировать производительность и стоимость. Отраслевые стандарты, такие как NB 7716, также содержат дополнительные требования к специальным протоколам и высокоточным и надежным приложениям.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

CTIA GROUP LTD

Cerium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Cerium Tungsten Electrode

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO_2). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

2. Features of Cerium Tungsten Electrode

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

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

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

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

3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode

Type	CeO_2 Content	Color Code	Density (g/cm^3)	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Cerium Tungsten Electrode

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

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

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

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

7.4 Обновление стандартов и развитие цериевого вольфрамового электрода

7.4.1 Проверка новых технологий по стандартам

Анализ предистории

Новые технологии (такие как нанолегирование, интеллектуальные открытия и экологически чистое производство) выдвинули новые требования к характеристикам и процессу производства церий-вольфрамовых электродов, что привело к постоянному обновлению стандартов для адаптации к технологическому прогрессу и требованиям рынка.

Технология нанолегирования: Для улучшения характеристик инициирования дуги и устойчивости к выгоранию электродов с помощью наноразмерного легирования оксидом церия необходимо разработать новый состав и стандарты испытаний.

Интеллектуальная технология обнаружения: технологии обнаружения с помощью искусственного интеллекта и онлайн-мониторинга повышают эффективность и точность тестирования, а в стандарте необходимо контролировать новые методы и требования к ним.

Технология «зеленого» производства: технологии производства и переработки отходов с низким энергопотреблением, соответствующие стандартам, добавляющие положения об охране окружающей среды, чтобы нанести вред окружающей среде в производственном процессе.

Стандартное содержание

Требования к составу: В новых классификациях нанолегированных электродов, таких как WC20-N (наноразмерный оксид церия), указаны размеры частиц оксида церия (<100 нм) и требования к равномерности распределения.

Методы обнаружения: Введены стандарты обнаружения с помощью искусственного интеллекта, определяющие использование алгоритмов машинного обучения для анализа состава, микроструктуры и данных о производительности, а также определение требований к точности и повторяемости данных.

Требования к производительности: добавлены текущие показатели, необходимые для высокоточной сварки, такие как дуговая дуга со сверхнизким током (<10 А) и долговременная стабильность дуги (> 10 часов).

Упаковка и хранение: Требование использования перерабатываемых упаковочных материалов и указание на особые свойства нанолегированных электродов для сохранения статуса «зеленого» производства.

Требования к сертификации: Новые стандарты сертификации интеллектуального испытательного оборудования для обеспечения надежности и соответствия результатов испытаний.

Дополнительные примечания

Внедрение новых технологий, основанных на современных церий-вольфрамовых электродах, таких как технология нанолегирования требует более строгого обнаружения микроструктур, интеллектуальная технология обнаружения требует стандартных процессов обработки данных. Эти обновления делают стандарт более адаптированным к потребностям высокопроизводительных электродов и экологически чистого производства, а также

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

предоставляют компаниям рекомендации по развитию своих технологий.

7.4.2 Изменения в требованиях охраны окружающей среды и безопасности

Анализ предистории

Глобальный акцент на устойчивое развитие и гигиену труда способствовал повышению стандартов цериевых вольфрамовых электродов, повышению требований к защите окружающей среды и безопасности, отражению изменений в нормативных тенденциях, таких как регламент ЕС REACH и правила охраны окружающей среды в Китае.

Требования по охране окружающей среды: сокращение выбросов газов, отходов жидкостей и отходов в производственном процессе, а также продвижение экологически чистых технологий производства.

Требования безопасности: Снижение риска радиоактивности электродов и воздействия вредных веществ во время производства, а также защита здоровья операторов.

Регулирование: Регламент ЕС REACH требует соблюдения экологических норм для материалов, а Закон об охране окружающей среды Китая требует утилизации отходов и контроля за мусором.

Стандартное содержание

Управление отходами: Новые требования к переработке и переработке отходов, предусматривающие степень восстановления вольфрамового порошка и отходов оксида церия в производственном процессе (например, >90%) для снижения загрязнения окружающей среды.

Контроль радиации: Ужесточение стандарта обнаружения радиоактивности, требующее, чтобы церий-вольфрамовые электроды имели уровни радиоактивности ниже допустимых пороговых значений (например, <1 Бк/г) и верификацию с помощью гамма-спектроскопии.

Гигиена труда: добавлены дополнительные требования к мониторингу пыли и вредных газов (таких как СО и NOx), а также стандарты качества воздуха в производственных цехах (такие как концентрация пыли < 0,1 мг/м³).

Экологичная упаковка: Требовать использования перерабатываемых или биоразлагаемых упаковочных материалов, заключать соглашения об использовании пластика и приводить сведения об особой сертификации.

Методы обнаружения: Газовая хроматография-масс-спектрометрия (ГХ-МС) используется для обнаружения выхлопных газов, жидкостная хроматография (ЖХ) используется для анализа отработанных жидкостей, счетчик частиц используется для пыли с целью обеспечения соблюдения экологических норм.

Требования к сертификации: Предприятиям необходимо пройти сертификацию в области охраны окружающей среды и безопасности, сдать отчеты об утилизации отходов и мониторинге качества воздуха, а также получить сертификат «зеленого» производства.

Дополнительные примечания

Ужесточение требований к охране окружающей среды и безопасности отражает глобальное воздействие на «зеленое» производство, согласно этим стандартам цериевые вольфрамовые

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

электроды направляют компании по внедрению «зеленых» технологий и мерам безопасности за счет новых мер по управлению отходами, контролю радиации и охране труда. Эти требования не только повышают экологичность электродов, но и повышают конкурентоспособность компаний на рынке труда.



Глава 8 Обнаружение цериевых вольфрамовых электродов

Качество цериевого вольфрамового электрода, являющегося высокопроизводительным неплавящимся электродом, напрямую влияет на стабильность и эффективность процессов сварки и резки. Испытания являются ключевым звеном для обеспечения соответствия характеристик цериевых вольфрамовых электродов, охватывающим химический состав, физические свойства, электрические свойства, микроструктуру, окружающую среду и безопасность, а также другие аспекты. В этой главе систематически излагаются методы обнаружения цериевых вольфрамовых электродов с шестью аспектами: испытание химического состава, испытание физических свойств, испытание электрической характеристики, испытание микроструктур, устойчивость окружающей среды и безопасности, а также анализ экономического оборудования и развития технологий, а также анализ экономического развития, методы, процессы работы, влияющие факторы, тенденции и прогнозы каждого обнаружения.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

8.1 Определение химического состава цериевых вольфрамовых электродов

Испытание химического состава используется для анализа содержания оксида церия, примесных элементов и внешнего состава цериевых вольфрамовых электродов, чтобы убедиться, что электроды соответствуют требованиям к производительности. Эти методы обнаружения должны быть высокоточными и надежными, чтобы обеспечить оптимизацию производительности электродов.

8.1.1 Анализ содержания оксида церия

Принцип обнаружения

При анализе содержания оксида церия измеряется массовый процент оксида церия (CeO_2) в электроде (обычно 2% ~ 4%) с помощью спектроскопии или масс-спектрометрии, чтобы убедиться, что коэффициент легирования соответствует стандарту. К распространенным методам относятся масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) и рентгенофлуоресцентная спектроскопия (РФА). Эти технологии количественно определяют характеристический сигнал цериевого элемента и его содержание, обеспечивая эффективность инициирования дуги и стабильность дуги электрода.

Принцип ICP -MS: образец ионизируется в высокотемпературной плазме (около 6000~10000 К), масс-спектрометр разделяет цериевый элемент по массе ионов и определяет его устойчивость (точность уровня ppm).

Принцип РФА: рентгеновское излучение возбуждает атомы образца, последовательно характеристическую флуоресценцию, анализирует сигнал церия и быстро определяет его содержание (с точностью до уровня ppm).

Преимущества: ИСП-МС для анализа последующих следов, РФА для быстрого неразрушающего контроля.

Метод обнаружения

Метод ИСП -МС:

Образец растворяют в растворе кислоты (например, азотной или соляной кислоты) в образовательном растворе.

Раствор поступает в плазму через распылитель, сигнал ионов церия анализируется масс-спектрометром.

Содержание оксида церия получается таким образом, что сохраняется кривая.

Метод XRF:

Поверхность образца полируется и помещается под рентгеновский луч.

Детектор собирает сигналы флуоресценции, аналитическое программное обеспечение рассчитывает содержание церия.

Калибровка стандартных образцов для получения точных результатов.

Процесс работы

Подготовка образцов:

Возьмите образцы с электродов (например, срезов или порошков), чтобы обеспечить

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

репрезентативность.

Очистите поверхность образца, чтобы удалить оксидные загрязнения или загрязнения.

Настройка устройства:

ICP -MS: Калибровка мощности испытание и разрешение масс-спектрометр , установка дали обнаружить (церий $m/z=140$).

РФА: калибровка напряжения рентгеновской трубки (30 ~ 50 кВ) и чувствительность детектора.

Процесс тестирования:

ICP -MS: Распылите раствор образец в плазме , запишите данные масс-спектрометрия и повторение измерение три раза .

РФА: поместите образец под пучок, запишите сигнал флуоресценции и проанализируйте его несколько раз, чтобы получить среднее значение.

Анализ данных:

Аналитическое программное обеспечение использовалось для расчета содержания оксида церия для проверки соответствия стандарту (2% ~ 4%).

Проверьте согласованность данных и создайте выбросы.

Влияющие факторы

Качество образца: Окисление или загрязнение поверхности образца может привести к изменению результатов.

Точность устройства: Стабильность анализа ICP-MS и разрешение детектора XRF влияют на точность определения.

Калибровочные стандарты: Стандартные образцы качества напрямую влияют на точность измерения.

Условия окружающей среды: чистота в лаборатории (уровень ISO 5, концентрация частиц <3520 частиц/ m^3) и влажность ($<20\%$) определяют стабильность испытаний.

Эксплуатационные характеристики: Технический уровень оператора и обслуживание оборудования зависят от достоверности результатов.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация образца: Улучшите качество поверхности образца с помощью ультразвуковой очистки и полировки.

Оборудование для модернизации: ИСП-МС высокого разрешения (разрешение $<0,01$ а.е.м.) и РФА (чувствительность детектора $<0,1$ эВ).

Оптимизация заключается в следующем: используйте стандартные блоки высокой чистоты и регулярно калибруйте оборудование.

Управление окружающей средой: Оснащен высокоэффективными фильтрами и устройствами постоянной температуры и влажности для обеспечения стабильной испытательной среды.

Анализ данных: создание компонентов базы данных и оптимизация точности обнаружения в

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

сочетании с статистическим анализом.

Будущие тренды

Высокопроизводительный анализ: Разработайте метод ИСП-МС для одновременного обнаружения нескольких элементов для измерения эффективности.

Интеллектуальное обнаружение: оптимизируйте обработку данных с помощью алгоритмов искусственного интеллекта, чтобы уменьшить количество человеческих ошибок.

Зеленые технологии: аналитические приборы с низким энергопотреблением. Разработка для снижения потребления кислоты.

Новые технологии, такие как лазерно-индуцированная спектроскопия пробоя (LIBS), для быстрого неразрушающего контроля.

8.1.2 Обнаружение помещения

Принцип обнаружения

Наружное примесей используется для выявления элементов (например, железа, изоляции, кислорода и т. д.) в электроде, гарантируя, что их уровни ниже стандартного порога (обычно < 100 частей на миллион). К распространенным методам относятся ИСП-МС, атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС) и масс-спектрометрия тлеющего разряда (ГД-МС). Эти методы влияют на управление примесными элементами в работе электродов путем обнаружения их характерных сигналов.

Принцип ААС: атомы измеряют длину волны света, анализируют различия для определения содержания примесей.

Принцип работы ГД-МС: ионизация образцов тлеющим разрядом, масс-спектрометрия, анализирует примесные ионные сигналы.

Преимущества: ГД-МС подходит для поверхностного анализа, ААС подходит для высокочувствительного одноэлементного детектирования.

Метод обнаружения

Метод ААС:

Образец растворите в кислоте и распылите в оптический тракт.

Источник света излучает свет по длине волны, детектор регистрирует сигнал ответственности.

Содержание примесей рассчитывается с помощью стандартных кривых.

Метод GD-MS:

Образец помещают в камеру тлеющего разряда и ионизируют в масс-спектрометре.

Проанализируйте сигнал ионов примеси и количественно оцените его содержание.

Процесс работы

Подготовка образцов:

Отбор проб и очиститель для удаления поверхностных загрязнений.

Растворенный образец (ААС) или полированная поверхность (ГД-МС).

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Настройка устройства:

AAS: Калибровка длины волны источника света и параметров распылителя.

GD-MS: Установите напряжение разряда и разрешение масс-спектрометра.

Процесс тестирования:

AAS: Распыление образцов, запись сигналов Великобритании, повторные измерения.

ГД-МС: Иницируйте разряд, запишите данные масс-спектрометрии, проанализируйте их несколько раз.

Анализ данных:

Расскажите содержание примесей, чтобы убедиться, что оно ниже стандартного порога.

Оцените согласованность данных и создайте выбросы.

Влияющие факторы

Качество образца: Загрязнение поверхности или неоднородность могут соответствовать результатам испытаний.

Точность устройства: стабильность источника света и разрешение масс-спектрометра определяют точность определения.

Калибровочные стандарты: чистота стандартного образца улучшает точность.

Условия окружающей среды: Чистота и влажность влияют на стабильность теста.

Эксплуатационные характеристики: Уровень квалификации оператора влияет на достоверность результатов.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация пробы: повышение чистоты пробы за счет химической очистки.

Модернизация оборудования: внедрение высокочувствительных ААС и ГД-МС.

Оптимизация получается: воспользуйтесь многоэлементными стандартными элементами.

Экологический менеджмент: Оснащен высокоэффективной системой фильтрации.

Анализ данных: создание базы данных примесей и оптимизация процесса поиска.

Будущие тренды

Многоэлементное обнаружение: разработка методов одновременного обнаружения нескольких примесей.

Интеллектуальное обнаружение: оптимизируйте анализ примесей с помощью машинного обучения.

Зеленые технологии: разработка испытательного оборудования с низким энергопотреблением.

Новые технологии, такие как синхротронный RFA, повышают точность обнаружения.

8.1.3 Оценка оценок

Принцип обнаружения

Оценки последних принципов легирования путем анализа распределения оксида церия в электроде, определения стабильности дуги и срока службы электрода. К наиболее

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

распространенным методам применяются рентгеновская томография (рентгеновская томография) и электронно-зондовый микроанализ (ЭПМА). Эти методы учитывают дисперсию частиц оксида церия с помощью визуализации или анализа распределения элементов.

Принцип рентгеновской томографии: компьютерные лучи проникают в образец, создают трехмерное структурное изображение анализа и определяют результаты оксида церия.

Принцип EPMA: электронный пучок возбуждает образец, анализирует характерные рентгеновские лучи и рисует карты распределения элементов.

Преимущества: X-CT для 3D-анализа, EPMA для анализа оснований с высокими технологиями.

Метод обнаружения

Метод X-CT:

Образец помещается на вращающийся стол, и с помощью рентгеновского устройства создается томографическое изображение.

Аналитическое программное обеспечение реконструирует трехмерную структуру и измеряет масштабы оксида церия.

Метод EPMA:

Образец полируется и хранится под электронным пучком для записи рентгеновского сигнала.

Анализируйте распределение элементов карты для количественной оценки излучений.

Процесс работы

Подготовка образцов:

Нарежьте или отполируйте образец, чтобы обеспечить ровную поверхность.

Очистите пробу от загрязнений.

Настройка устройства:

X-CT: Калибровка с применением рентгеновских излучений и скорости сетевого стола.

EPMA: установите мощность включения пучка (15 ~ 20 кэВ) и чувствительность детектора.

Процесс тестирования:

X-CT: сканирование образцов, создание 3D-изображений, анализ распределений.

EPMA: Отсканируйте образец поверхности и перенесите на карту элементы.

Анализ данных:

Оцените дисперсность частиц оксида церия и проверьте плотность.

Проверьте согласованность данных и создайте выбросы.

Влияющие факторы

Качество образца: шероховатость поверхности или загрязнение влияют на анализ точности.

Точность измерения: прогрессивные математические методы и разрешение позволяют

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

получить результаты.

Калибровочные стандарты: Однородность стандартного образца изменяется на точность точности .

Условия окружающей среды: чистота и вибрация для определения стабильности.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация образца: повышение качества образца для полировки и очистки счета.

Оборудование для модернизации: используются X-CT и EPMA с высокими технологиями.

Оптимизация получается: используйте стандартный образец образцы.

Экологический менеджмент: Оснащен антивибрационными цепями и последовательностями чистоты.

Анализ данных: Создание распределенной базы данных для оптимизации процессов анализа.

Будущие тренды

3D-анализ с высокой степенью развития: разработка наноразмерной технологии X-CT.

Интеллектуальное обнаружение: оптимизируйте анализ распределения с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработка испытательного оборудования с низким энергопотреблением.

Новые технологии, такие как синхротронная рентгенография и компьютерная томография, повышают разрешающую способность.

8.2 Физические свойства цериевых вольфрамовых электродов

Испытания физических свойств для измерения плотности, твердости, точности размеров, качества поверхности и тепловых свойств электродов, чтобы убедиться, что они соответствуют механическим и технологическим требованиям.

8.2.1 Испытание на свечение и твердость

Принцип обнаружения

Испытания по измерению объемных излучателей по принципу Архимеды, испытания на твердость, сопротивление, сопротивление, методы деформации в углублениях, такие как твердость по Виккерсу. Эти свойства непосредственно влияют на эксплуатацию и стабильность сварочных электродов.

Принцип испытания плотности: Распространите светильник (целевое значение составляет около $19,0 \sim 19,3 \text{ г/см}^3$) с помощью измерения массы тела и объема дренажного электрода.

Принцип испытаний твердости: размер углубления измеряется с помощью приложения силы к алмазному индентору и рассчитывается значение твердости (твердость по Виккерсу составляет около $400 \sim 600 \text{ В}$).

Метод обнаружения

Тест на освещение:

Масса и объем измеряются с помощью высокоточных электронных весов и дренажных

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

устройств.

Расчет точности для соблюдения требований.

Тест на твердость:

Используйте твердомер по Виккерсу для нагрузки (например, 0,5 ~ 1 кг).

Измерьте диагональную длину отступа и рассчитайте значение твердости.

Процесс работы

Подготовка образцов:

Отполируйте образец поверхности, чтобы обеспечить ровную поверхность.

Очистите пробу от загрязнений.

Настройка устройства:

Проверка плотности: калибровка весов и дренажных отверстий.

Испытание на твердость: установите нагрузку и время удержания.

Процесс тестирования:

Тест на освещении: Измерьте воду и объем дренажа, повторите три раза.

Испытание на твердость: Приложите нагрузку, измерьте размер в углублениях, повторите несколько раз.

Анализ данных:

Рассчитайте значения плотности и твердости для проверки соответствия стандартам.

Проверьте согласованность данных.

Влияющие факторы

Качество образца: шероховатость поверхности или внутренние дефекты влияют на результаты испытаний.

Точность оборудования: Точность весов и твердомеров влияет на контроль точности.

Условия окружающей среды: Температура и влажность влияют на стабильность измерения.

Эксплуатационные характеристики: Уровень квалификации оператора влияет на достоверность результатов.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация выборки: улучшение качества поверхности за счёт полировки.

Модернизация оборудования: использование высокоточного балансометра и твердомера.

Оптимизация получается: Откалибруйте оборудование с использованием стандартных образцов.

Управление окружающей средой: Оснащена системой постоянной температуры и влажности.

Анализ данных: Создание базы данных плотности и твердости.

Будущие тренды

Бесконтактное внедрение: разработка технологии лазерного измерения плотности.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Интеллектуальное обнаружение: оптимизируйте анализ данных с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработка испытательного оборудования с низким энергопотреблением.

Новые технологии: такие, как ультразвуковое определение твердости, для измерения эффективности.

8.2.2 Точность размеров и контроль качества поверхности

Принцип обнаружения

При измерении точности измерения размеров диаметра и угла конуса электродов проверяются с помощью оптических или лазерных измерений, при измерении качества поверхности поверхности измеряется качество поверхности с помощью микроскопии или шероховатости. Эти свойства влияют на производительность инициации дуги и срок службы электродов.

Принцип точности размеров: лазерный дальномер измеряет размер электрода по отражению излучателя (точность < 0,01 мм).

Принцип качества поверхности: поверхность увеличивается под микроскопом, а параметры поверхности (например, Ra<0,1 мкм) измеряются измерителем шероховатости.

Метод обнаружения

Проверка точности размеров:

Электроды сканируют с помощью лазерного дальнего номера, записывая диаметр и угол конуса.

Программное обеспечение для анализа рассчитывает отклонение размеров.

Контроль качества поверхности:

Поверхностные дефекты наблюдаются с помощью светового микроскопа.

Измеритель шероховатости измеряет параметры поверхности и создает кривую шероховатость.

Процесс работы

Подготовка образцов:

Очистите поверхность электрода, чтобы удалить загрязнения.

Зафиксируйте образец, чтобы обеспечить стабильность измерения.

Настройка устройства:

Лазерный дальномер: калибровка излучателя и датчика.

Микроскоп и измерение шероховатости: установите параметры увеличения и зонда.

Процесс тестирования:

Контроль размеров: Отсканируйте электрод и запишите данные о размерах.

Осмотр поверхности: Наблюдайте за поверхностью и измерьте шероховатость.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Анализ данных:

Убедитесь, что размеры и качество соответствуют стандартам.

Проверьте согласованность данных.

Влияющие факторы

Качество образца: Загрязнение или повреждение поверхности влияет на результаты измерений.

Точность устройства: разрешение лазеров и микроскопов влияет на точность контроля.

Условия окружающей среды: вибрация и свет влияют на измерение стабильности.

Эксплуатационные характеристики: Уровень квалификации оператора, воздействующего на результат.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация выборки: улучшение качества поверхности за счёт полировки.

Модернизация оборудования: внедрение высокоточного лазерного дальномера и микроскопа.

Оптимизация получается: Откалибруйте оборудование с использованием стандартных образцов.

Экологический менеджмент: оснащен антивибрационными источниками питания и постоянным освещением.

Анализ данных: создание базы данных, размеров и ссылок.

Будущие тренды

Технология 3D-сканирования: повышение точности измерения размеров.

Интеллектуальный контроль: оптимизируйте анализ изображений с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработка испытательного оборудования с низким энергопотреблением.

Новые технологии: такие как интерферометры белого света, повышают точность измерения поверхности.

8.2.3 Испытания на тепловые характеристики

Принцип обнаружения

Испытания по тепловым характеристикам учитывают термостойкость и термическую стабильность электродов путем рассмотрения высокотемпературных сред, обеспечивающих их работу при температурах сварки. К распространенным методам относятся термогравиметрический анализ (ТГА) и высокотемпературные испытания на окисление.

Принцип ТГА: Измерьте массы электродов при высоких температурах, оцените летучесть и стабильность оксида цeria.

Испытание на высокотемпературное окисление: Проверьте стойкость электрода к окислению в высокотемпературной (>2000°C) атмосфере.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Метод обнаружения

Метод ТГА:

Образец помещают в термогравиметрический анализатор и нагревают до заданной температуры.

Регистрируйте изменения массы и анализируйте тепловую стабильность.

Испытание на окисление при высокой температуре:

Образец помещают в высокотемпературную печь и пропускают через кислород или воздух.

Измерьте температуру поверхностного окисления и потери масс.

Процесс работы

Подготовка образцов:

Разрежьте образец и очистите поверхность.

Обеспечьте постоянный размер выбора.

Настройка устройства:

TGA: Калиброванная скорость нагрева и баланс точности.

Высокотемпературная печь: заданные параметры температуры и атмосферы.

Процесс тестирования:

TGA: Нагрев образца и фиксация изменения качества.

Испытание при высокой температуре: Подвергните образец высокой температуры солнечного света для измерения степени окисления.

Анализ данных:

Анализ стабильности для проверки соответствия стандартам.

Проверьте согласованность данных.

Влияющие факторы

Качество изготовления: Внутренние дефекты влияют на результаты испытаний.

Точность оборудования: Точность балансировки и контроля температуры влияют на точность определения точности.

Условия окружающей среды: чистота и влажность воздуха влияют на испытания на окисление.

Эксплуатационные характеристики: Настройки параметров влияют на достоверность результатов.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация образца: Улучшает тепловую стабильность за счет равномерного легирования.

Модернизация оборудования: установка высокоточной ТГА и высокотемпературной печи.

Оптимизация получается: Откалибруйте оборудование с использованием стандартных образцов.

Экологический менеджмент: предусмотрена система контроля атмосферы высокой чистоты.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Анализ данных: Создание базы данных тепловых характеристик.

Будущие тренды

Динамические термические испытания: имитируют реальную среду сварки.

Интеллектуальное обнаружение: оптимизируйте термический анализ с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработка испытательного оборудования с низким энергопотреблением.

Новые технологии: такие, как лазерные тепловые испытания, повышают точность.

8.3 Определение электрических свойств цериевого вольфрамового электрода

Испытания электрической характеристики использовались для оценки работы электрода по рассеянию электронов, эффективности инициирования дуги и скорости выгорания, что обеспечивает его эффективность и применение при сварке.

8.3.1 Измерение мощности убегания электронов

Принцип обнаружения

Измерения работы убегания электронов связаны с тем, что внешние электроды излучают электроны методом термоэмиссионной эмиссии или фотоэлектрического эффекта (целевое значение около 2,5 эВ). К распространенным методам относятся термоэмиссионное воздействие и фотоэлектрическое воздействие.

Принцип термоэмиссионной причины: нагрейте электрод, измерьте ток преобразования и рассчитайте работу утечки.

Принцип фотоэлектрического эффекта: фотоны возбуждают электроны, анализируют энергию электронов и сохраняют работу по бегу.

Метод обнаружения

Метод термоэмиссионной эмиссии:

Электрод нагревается до высокой температуры ($>1500^{\circ}\text{C}$) и измеряется проверенный ток.

Работа по бегу рассчитывается по уравнению Ричардсона.

Метод фотоэлектрического эффекта:

Электрод излучает ультрафиолетовый свет и регистрируется энергия фотоэлектронов.

Проанализируйте фотоэлектрическую кривую и расскажите о работе по эвакуации.

Процесс работы

Подготовка образцов:

Полировка поверхности электродом для обеспечения чистоты.

Закрепите образец в тестовом приборе.

Настройка устройства:

Термоэмиссионные проблемы: Калибровка нагревательных приборов и амперметров.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Фотоэлектрический эффект: калибровка источника света и фотоприемника.

Процесс тестирования:

Термоэмиссионный: нагревает электрод и записывает текущие данные.

Фотоэлектрический эффект: облучение излучателя и регистрация оптоэлектронного сигнала.

Анализ данных:

Расчет работ по убеганию электронов для проверки соблюдения стандартов.

Проверьте согласованность данных.

Влияющие факторы

Образец образца: Поверхностное загрязнение или окисление, влияющее на работу эвакуации.

Точность оборудования: Точность нагревательного устройства и детектора воздействий на результаты.

Условия окружающей среды: Уровень вакуума и температура соответствуют испытаниям на стабильность.

Эксплуатационные характеристики: Настройки параметров влияют на достоверность результатов.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация образцов: Улучшите качество поверхности за счет полировки и очистки.

Модернизация оборудования: внедрение высокоточного термоэмиссионного излучателя.

Оптимизация получается: Откалибруйте оборудование с использованием стандартных образцов.

Экологический менеджмент: оснащен системой высокого вакуума.

Анализ данных: Создание базы данных побегов из работы.

Будущие тренды

Высокоточные измерения: разработка технологий наноразмерных средств для убегавшей способности.

Интеллектуальное обнаружение: оптимизируйте анализ данных с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработка испытательного оборудования с низким энергопотреблением.

Новые технологии: такие как фотоэлектрические испытания синхротронным излучением, повышают точность.

8.3.2 Испытания по инициированию дуги и характеристик размера дуги

Принцип обнаружения

При тестировании инициации дуги и аналитических дуг производится измерение напряжения дуги, стабильности тока и продолжительность дуги электрода путем обеспечения условий сварки, что обеспечивает его быстрое зажигание дуги и стабильность при низких токах. Обычно используемое оборудование представляет собой высокочастотный

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

тестер запуска дуги.

Принцип зарождения дуги: дуга зажигает высокочастотными импульсами, напряжением и временем зажигания дуги для результата.

Принцип размера дуги: поддерживайте стабильную дугу, измеряйте колебание тока и длину дуги.

Метод обнаружения

Тест на инициализацию дуги:

Высокочастотные импульсы подаются под аргоновой связью, регистрируя напряжение дуги. Проанализируйте время запуска дуги и стабильности.

Испытание размерной дуги:

Поддерживайте напряжение в течение нескольких минут и записывайте переменный ток. Проанализируйте длину и стабильность дуги.

Процесс работы

Подготовка образцов:

Отшлифуйте угол конуса электрода и очистите поверхность. Закрепите электрод на испытательном устройстве.

Настройка устройства:

Откалибруйте высокочастотный инициатор дуги и датчик тока. Установите скорость потока аргона (5 ~ 10 л/мин).

Процесс тестирования:

Активация высокочастотных импульсов для записи данных о зарождении дуги. Ведение дуги, запись текущих и дуговых параметров.

Анализ данных:

Проанализируйте напряжение дуги и стабильность тока. Проверка соответствия стандарту.

Влияющие факторы

Образец образца: угол наклона конуса и масса поверхности соответствуют характеристикам дугового разряда.

Точность оборудования: Точность высокочастотных устройств и датчиков влияет на результаты.

Условия окружающей среды: чистота и влажность газа обеспечивают стабильность дуги.

Эксплуатационные характеристики: Настройки параметров определяют надежность теста.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация образца: оптимизация угла конуса и чистота поверхности.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Модернизация оборудования: использование высокоточного тестера для запуска дуги.
Оптимизация получается: калибровка оборудования с помощью стандартных электродов.
Экологический менеджмент: оснащен газовой системой высокой чистоты.
Анализ данных: создать основы данных производительности дуги.

Будущие тренды

Динамические испытания: имитирует широкий спектр условий сварки.
Интеллектуальное обнаружение: оптимизируйте анализ дуг с помощью искусственного интеллекта.
Зеленые технологии: разработка испытательного оборудования с низким энергопотреблением.
Новые технологии: такие как многопараметрические тестеры для измерения точности.

8.3.3 Проверка скорости выгорания

Принцип обнаружения

При испытании на скорости выжигания сердца происходит потеря массы электрода в результате длительного дугового разряда, и затем его выдерживают до высоких температур. Распространенным методом является испытание высокотемпературной дугой, при которой регистрируются потери электрода от сгорания под наблюдением высокотемпературной дуги (>6000 K).

Принцип испытаний: Подождите дугу в смоделированной сварочной среде и измерьте изменение качеств электродов.

Ключевые показатели: скорость выгорания (потеря массы/время) и срок службы электродов.

Метод обнаружения

Высокотемпературное дуговое испытание:

Дуговая разрядка под аргоновой батареей в течение нескольких часов.
Измерьте массу до и после электрода и убавьте скорость выгорания.

Процесс работы

Подготовка образцов:

Отшлифуйте угол конуса электрода и очистите поверхность.
Взвесьте начальную массу и запишите данные.

Настройка устройства:

Откалибруйте дуговое устройство и весы.
Задайте параметры расхода аргона и тока.

Процесс тестирования:

Запустите дугу и подождите целевое время.
После остывания электрод взвешивается и рассчитываются потери на выгорание.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Анализ данных:

Расскажите об уровне выгорания, чтобы убедиться в соответствии со стандартами.

Проверьте согласованность данных.

Влияющие факторы

Форма образца: Распределение оксида церия влияет на скорость выгорания.

Точность оборудования: Точность дугового устройства и влияние баланса на результаты.

Условия окружающей среды: чистота и температура газа способствуют устойчивости к выгоранию.

Эксплуатационные характеристики: Настройки параметров определяют надежность теста.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация образцов: выгорание света за счет ширины легирования.

Модернизация оборудования: использование высокоточного тестера дуги.

Оптимизация получается: калибровка оборудования с помощью стандартных электродов.

Экологический менеджмент: оснащен газовой системой высокой чистоты.

Анализ данных: создайте базу данных для последующего выгорания.

Будущие тренды

Динамическое испытание на выгорание: имитирует широкий спектр условий дугового разряда.

Интеллектуальное обнаружение: оптимизируйте анализ потерь при выгорании с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработка испытательного оборудования с низким энергопотреблением.

Новые технологии: такие, как усовершенствование выбора разрешения для определения точности.

8.4 Определение микроструктуры цериевого вольфрамового электрода

Детектирование микроструктур используется для анализа размера частиц, распределения оксидов и внутренних дефектов электрода, выявления дефектов и целостности его микроструктур.

8.4.1 Анализ размера и распределения зерен

Принцип обнаружения

Анализ размера и распределения зерен. Кристаллическую структуру электрода изучают с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) или световой микроскопии для измерения размера зерна (обычно 1~10 мкм) и равномерности распределения.

Принцип СЭМ: электронный пучок сканирует поверхность образца, последовательно использует изображение с высоким уровнем развития и анализирует морфологию зерен.

Принцип оптической микроскопии: наблюдение за зернистой структурой полированных образцов с помощью большого увеличения.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Метод обнаружения

Методы SEM:

Образец полируется и помещается в вакуумную камеру SEM.

Поверхность образца сканируется для получения зернистого изображения.

Программное обеспечение для анализа рассчитывает размер и распределение зерна.

Метод оптической микроскопии:

Полировка и коррозия образцов для контурных границ зерен.

Наблюдайте за структурой зерна и измеряйте размер.

Процесс работы

Подготовка образцов:

Нарежьте и отполируйте образец, химическая коррозия выявит зерна.

Очистите трупы, чтобы убедиться в отсутствии загрязнений.

Настройка устройства:

СЭМ: Калибровка энергии включает пучку (10 ~ 20 кэВ) и детектор.

Оптический микроскоп: установите увеличение (100 ~ 1000х).

Процесс тестирования:

SEM: Отсканируйте образец и запишите изображение зернистости.

Оптический микроскоп: наблюдение за границами зерен и измерение размеров.

Анализ данных:

Рассчитайте размер и определение зерна для проверки показателей.

Проверьте согласованность данных.

Влияющие факторы

Качество образца: Качество полировки и внесения изменений в качество зерна.

Точность прибора: Электронный луч и разрешение микроскопа определяют результаты.

Условия окружающей среды: вибрация и чистота влияют на качество изображения.

Эксплуатационные характеристики: Уровень квалификации оператора, воздействующего на результат.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация образцов: оптимизация процессов полировки и написания.

Модернизация оборудования: внедрение SEM с высокими технологиями.

Оптимизация получается: Откалибруйте оборудование с использованием стандартных образцов.

Экологический менеджмент: Оснащен антивибрационными цепями и последовательностями чистоты.

Анализ данных: Создание базы данных зерна.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Будущие тренды

Наноразмерный анализ: методы Разработка анализа ПЭМ с высоким уровнем развития.

Интеллектуальная проверка: оптимизируйте анализ зерна с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработка микроскопов с низким энергопотреблением.

Новые технологии: такие, как экологический СЭМ, пригодные для динамических наблюдений.

8.4.2 Проверка распределения распределения оксидов

Принцип обнаружения

Проверка равномерности распределения оксидов. Распределение частиц оксида церия анализируется с помощью электронно-зондового микроанализа (ЭПМА) или энергодисперсионной спектроскопии (ЭДС) для проверки его определенности.

Принцип работы ЭПМА: Образец возбуждения включает пучку, анализ характеристических рентгеновских лучей и построение графиков распределения оксида церия.

Принцип EDS: в сочетании с SEM для обнаружения рентгеновской энергии и анализа распределения элементов.

Метод обнаружения

Метод EPMA:

Отполировал образец и поместил его под электронный пучок.

Рентгеновские сигналы являются источником для построения карт распределения.

Метод ЭЦП:

Загрузите детектор ЭЦП в СЭМ и отсканируйте образец.

Проанализируйте данные церия и количественные элементы, оцените привлекательность.

Процесс работы

Подготовка образцов:

Полировка образца для обеспечения ровной поверхности.

Очистите пробу от загрязнений.

Настройка устройства:

EPMA: Калибровка энергии включает пучку и детектор.

EDS: Настройте параметры SEM и EDS.

Процесс тестирования:

EPMA: Отсканируйте образец и сгенерируйте карту распределения.

EDS: Запишите сигнал цериевого элемента и проанализируйте распределение.

Анализ данных:

Оцените равномерность распределения оксида церия.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Проверьте согласованность данных.

Влияющие факторы

Качество образца: Шероховатость поверхности влияет на анализ распределения.

Измеритель точности: электронный луч и детектор разрешения определяют результаты.

Условия окружающей среды: вибрация и чистота влияют на качество изображения.

Эксплуатационные характеристики: Уровень квалификации оператора, воздействующего на результат.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация образца: Оптимизируйте процесс полировки.

Модернизация оборудования: внедрение EPMA и EDS с высоким уровнем развития.

Оптимизация получается: Откалибруйте оборудование с использованием стандартных образцов.

Экологический менеджмент: Оснащен антивибрационными цепями и последовательностями чистоты.

Анализ данных: Создание базы данных распределения.

Будущие тренды

Анализ высокого разрешения: Разработка технологии наноразмерной СЭД.

Интеллектуальное обнаружение: оптимизируйте анализ распределения с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработка испытательного оборудования с низким энергопотреблением.

Новые технологии: такие как синхротронная ЭЦП, повышают точность.

8.4.3 Обнаружение дефектов (трещин, пор и т.д.)

Принцип обнаружения

Обнаружение дефектов Обеспечивает структурную целостность путем выявления трещин, пористости и других дефектов внутри электрода с помощью ультразвукового контроля или рентгеновской томографии (X-CT).

Принцип ультразвукового контроля: Ультразвуковое излучение выявляет внутренние дефекты.

Принцип хирургической томографии: компьютерные рентгеновские лучи проникают в образец, генерируют трехмерное изображение анализа и определяют наличие дефектов.

Метод обнаружения

Ультразвуковой контроль:

Электроды сканируются с помощью ультразвукового зонда для регистрации отраженного сигнала.

Анализируйте уровень сигнала и находите дефекты.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Метод X-СТ:

Образец помещается на вращающийся стол и получает рентгеновское колебательное изображение.

Программное обеспечение для анализа реконструирует 3D-структуру и выявляет дефекты.

Процесс работы

Подготовка образцов:

Очистите поверхность образца, чтобы убедиться в отсутствии загрязнений.

Закрепите образец в приборе обнаружения.

Настройка устройства:

Ультразвуковое обнаружение: откалибруйте датчик частоты (5 ~ 10 МГц).

Рентгенография компьютерной томографии: установите настройки рентгеновского преобразователя и скорости микрофона.

Процесс тестирования:

Ультразвуковой контроль: Отсканируйте образец и запишите отраженный сигнал.

X-СТ: Отсканируйте образец для получения трехмерного изображения.

Анализ данных:

Определите трещины и поры и оцените размер дефектов.

Проверка соответствия стандарту.

Влияющие факторы

Качество образца: Шероховатость поверхности влияет на точность контроля.

Точность устройства: Датчик и разрешающая способность рентгеновского изображения определяют результаты.

Условия окружающей среды: вибрация и шум влияют на стабильность работы.

Эксплуатационные характеристики: Уровень квалификации оператора, воздействующего на результат.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация выборки: улучшение качества поверхности за счёт полировки.

Модернизация оборудования: используется ультразвуковое оборудование высокого разрешения и рентгеновская компьютерная томография.

Оптимизация получается: Откалибруйте оборудование с использованием стандартных образцов.

Экологический менеджмент: оснащен антивибрационными цепями и цепями шумоподавления.

Анализ данных: Создание базы данных дефектов.

Будущие тренды

Обнаружение с высоким уровнем развития: разработка наноразмерной технологии X-СТ.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Интеллектуальное обнаружение: оптимизируйте анализ дефектов с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработка испытательного оборудования с низким энергопотреблением.

Новые технологии, такие как ультразвуковое обнаружение с фазированными решетками, повышают точность.

8.5 Испытания цериевых вольфрамовых электродов для окружающей среды и безопасности

Испытания по охране окружающей среды и безопасности используются для оценки радиации, воздействия на окружающую среду, а также охраны труда и техники безопасности, что обеспечивает соответствие процесса производства и использования нормативным требованиям.

8.5.1 Обнаружение радиоактивности

Принцип обнаружения

При обнаружении радиоактивности радиоактивные изотопы (например, церий-144) в электродах измеряются с помощью гамма-спектрометра, гарантируя, что он ниже порога безопасности (<1 Бк/г). Церий-вольфрамовые электроды обычно не снижают радиоактивность, но их необходимо проверять на предмет загрязнения опасными источниками.

Принцип работы гамма-спектроскопии: Обнаружение энергии гамма-лучей и идентификация радиоактивных изотопов.

Преимущества: Высокая чувствительность для обнаружения следовых количеств радиоактивности.

Метод обнаружения

Метод гамма-спектрометра:

Образец располагается рядом с детектором и регистрируется сигнал гамма-излучения.

Аналитическое программное обеспечение определяет изотопы и мощности.

Процесс работы

Подготовка образцов:

Очистите пробу, чтобы убедиться в отсутствии внешних загрязнений.

Закрепите образец в приборе обнаружения.

Настройка устройства:

Калибровка детектора выбросов.

Установите время определения (часы).

Процесс тестирования:

Регистрируются гамма-сигналы и повторяются измерения.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Анализ содержания радиоизотопов.

Анализ данных:

Убедитесь, что радиоактивность ниже порогового значения.

Проверьте согласованность данных.

Влияющие факторы

Качество образца: Загрязнение приводит к повышению уровня радиоактивности.

Точность устройства: чувствительность детектора влияет на результаты обнаружения.

Условия окружающей среды: Фоновое излучение влияет на стабильность обнаружения.

Эксплуатационные характеристики: Настройки параметров влияют на достоверность результатов.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация образца: использовать материалы высокой чистоты для снижения радиоактивности.

Модернизация оборудования: внедрение высокочувствительного гамма-спектрометра.

Оптимизация получения: Откалибруйте оборудование с использованием стандартных образцов.

Экологический менеджмент: оборудована экранированной выключателем для подсветки радиационного фонаря.

Анализ данных: Создание базы данных радиоактивных веществ.

Будущие тренды

Высокочувствительное детектирование: разработка технологии детектирования радиоактивности на уровне ppb.

Интеллектуальное обнаружение: оптимизируйте анализ радиоактивности с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработка испытательного оборудования с низким энергопотреблением.

Новые технологии, такие как нейтронно-активационный анализ, повышают точность.

8.5.2 Оценка воздействия на окружающую среду

Принцип обнаружения

Оценка воздействия на окружающую среду измеряет воздействие производства электродов на окружающую среду посредством анализа выхлопных газов, отработанных жидкостей и твердых отходов во время производства. К распространенным методам относятся газовая хроматография-масс-спектрометрия (ГХ-МС) и жидкостная хроматография (ЖХ).

Принцип ГХ-МС: Анализ летучих измерений (ЛОС) в выхлопных газах.

Принцип LC: Анализируйте тяжелые металлы или химические вещества в отходах жидкостей.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Метод обнаружения

Метод ГХ-МС:

Производственные отходящие газы впрыскиваются в колонну для разделения.

Масс-спектрометрия анализирует летучие вещества.

Метод LC:

Отработанная жидкость собирается и отделяет химические компоненты.

Детектор анализирует содержание металлов или органики.

Процесс работы

Образец сбора:

Используйте пробоотборник для сбора выхлопных газов и отработанных жидкостей.

Храните материалы в герметичных контейнерах.

Настройка устройства:

ГХ-МС: Калибровочная колонка и масс-спектрометр.

LC: Задайте параметры разделительной колонки и детектора.

Процесс тестирования:

ГХ-МС: Разделение компонентов выхлопных газов и запись данных масс-спектрометрии.

ЛК: Отделение отработанных жидкостных компонентов и запись сигналов.

Анализ данных:

Анализ содержания загрязняющих веществ для проверки соответствия экологическим нормам.

Проверьте согласованность данных.

Влияющие факторы

Качество пробы: Целостность выбора влияет на анализ результатов.

Точность прибора: точность хроматографии и масс-спектрометрии влияет на точность определения.

Условия окружающей среды: Температура и влажность влияют на статический отбор проб.

Эксплуатационные характеристики: Методы отбора проб и анализа результатов.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация выборки: Оптимизируйте методы отбора проб для повышения репрезентативности.

Модернизация оборудования: Используются ГХ-МС и ВЭЖ высокого разрешения.

Оптимизация получается: Откалибруйте оборудование с использованием стандартных образцов.

Управление данным заключением: Оснащена система отбора проб с постоянной температурой и влажностью.

Анализ данных: Создание базы данных по загрязнителям.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

CTIA GROUP LTD

Cerium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Cerium Tungsten Electrode

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO_2). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

2. Features of Cerium Tungsten Electrode

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

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

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

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

3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode

Type	CeO_2 Content	Color Code	Density (g/cm^3)	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Cerium Tungsten Electrode

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

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

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

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

Будущие тренды

Мониторинг в режиме реального времени: Разработка технологий онлайн-мониторинга окружающей среды.

Интеллектуальное обнаружение: оптимизируйте анализ загрязняющих веществ с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработка испытательного оборудования с низким энергопотреблением.

Новые технологии, такие как портативные ГХ-МС, повышают эффективность контроля на месте.

8.5.3 Испытания по гигиене труда и технической безопасности

Принцип обнаружения

Испытания по охране труда и технике безопасности влияют на здоровье операторов путем анализа различных веществ (например, пыли, газа), которые могут возникнуть в процессе производства. Общие методы включают мониторинг качества воздуха и исследования токсичности.

Принцип контроля качества воздуха: концентрирование пыли и вредных газов с помощью счетчиков частиц и газоанализаторов.

Принцип испытаний на токсичность: оценка токсичности веществ с помощью биологических экспериментов.

Метод обнаружения

Мониторинг качества воздуха:

Концентрация пыли измеряется с помощью счетчика частиц.

Газоанализаторы обнаруживают вредные газы (например, CO, NOx).

Тестирование на токсичность:

Осуществляется сбор отходов производства и проведение экспериментов на цитотоксичность. Оценка долгого воздействия на здоровье человека.

Процесс работы

Образец сбора:

Разместите пробоотборники на производственном участке для сбора воздуха и отходов.

Храните материалы в герметичных контейнерах.

Настройка устройства:

Счетчик частиц: откалибруйте чувствительность.

Газоанализатор: Установите дальность обнаружения.

Процесс тестирования:

Контролируйте качество воздуха, регистрируйте пыль и газ.

Проведение экспериментов по токсичности для оценки биологических эффектов.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Анализ данных:

Проверка соблюдения гигиены труда.

Проверьте согласованность данных.

Влияющие факторы

Качество образца: место и время отбора проб влияют на результаты.

Точность устройства: Чувствительность счетчиков и анализаторов влияют на точность определения.

Условия окружающей среды: Вентиляция и влажность влияют на стабильность отбора проб.

Эксплуатационные характеристики: Методы отбора проб и анализа результатов.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация выбора: оптимизируйте точки отбора проб и времени.

Модернизация оборудования: установить высокочувствительный монитор качества воздуха.

Оптимизация получается: Откалибруйте оборудование с использованием стандартных образцов.

Экологический менеджмент: Оснащена эффективная система вентиляции.

Анализ данных: Создание баз данных по охране труда и технической безопасности.

Будущие тренды

Мониторинг в режиме реального времени: Разработайте онлайн-систему «Диптихи», здоровье и безопасность.

Интеллектуальное обнаружение: оптимизируйте анализ безопасности с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработка оборудования для Диптихов с низким энергопотреблением.

Новые технологии, такие как носимые устройства «Диптихи» для повышения безопасности на объекте.

8.6 Испытательное оборудование и технология цериевых вольфрамовых электродов

Испытательное оборудование и технологии, используемые для поддержки разработанных методов тестирования и обеспечения поиска высокоточных и эффективных методов.

8.6.1 Введение в тестирование общих инструментов

Обзор прибора

К наиболее часто используемым приборам обнаружения относятся ICP-MS, XRF, SEM, TEM, X-CT, спектрометрические гамма-излучения и т. д. д., используемые для определения состава, микроструктур и обеспечения безопасности.

ICP -MS: Для анализа оксида Церия и содержание примесей с глубиной ппб.

РФА: Для быстрого неразрушающего контроля элементов, подходит для производственных линий.

СЭМ/ТЕМ: Для анализа распределения зерен и оксидов с нанометровым развитием.

X-CT: для 3D-обнаружения конструкций и дефектов, разрешение < 1 мкм.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Гамма-спектрометр: для регистрации радиоактивности, чувствительность < 1 Бк/г.

Особенности оборудования:

Высокая точность: помогает прибору обнаруживать микроэлементы и наноразмерные структуры.

Универсальность: Выдерживает широкий спектр задач контроля.

Адаптивность к окружающей среде: может использоваться в чистых помещениях или на производственных линиях.

Процесс работы

Выбор оборудования: выберите прибор в соответствии с Целью обнаружения.

Калибровка: Откалибруйте оборудование с использованием стандартного образца.

Обнаружение: Выполните операцию в соответствии с методом обнаружения.

Техническое обслуживание: Регулярно чистите и калибруйте оборудование.

Влияющие факторы

Точность устройства: разрешение и чувствительность влияют на результаты испытаний.

Уровень технического обслуживания: Регулярное техническое обслуживание корректирует производительность оборудования.

Эксплуатационные характеристики: Уровень квалификации оператора, воздействующего на результат.

Оптимизируйте свой выход

Модернизация оборудования: оснастка прибора последних моделей.

Оптимизация результатов: Установить систему вычислений.

Оптимизация технического обслуживания: Реализовать графики периодического технического обслуживания.

Обучение: Укрепление навыков работы оператора.

Будущие тренды

Многофункциональные приборы: Разработка устройств, объединяющих несколько функций обнаружения.

Интеллектуальные устройства: оптимизируйте работу приборов с помощью искусственного интеллекта.

Зеленые технологии: разработка приборов с низким энергопотреблением.

Новые приборы, такие как портативные приборы LIBS, повышают эффективность проверок на месте.

8.6.2 Новые технологии обнаружения (обнаружение с помощью ИИ и т.д.)

Технический обзор

К обнаруженным технологиям контроля применяются с помощью искусственного интеллекта, цифровых двойников и онлайн-мониторинга, с использованием искусственного интеллекта и больших данных для измерения эффективности и точности.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Обнаружение с помощью искусственного интеллекта: проанализируйте данные осмотра с помощью машинного обучения для оптимизации результатов.

Цифровой двойник: моделирование процесса обнаружения с помощью виртуальных моделей и прогнозирование результатов.

Онлайн-мониторинг: сбор данных в режиме постоянного времени с помощью датчиков, динамическая регулировка и обнаружение.

Технический принцип

Обнаружение с помощью искусственного интеллекта: алгоритмы глубокого обучения анализируют изображения и спектральные данные для идентификации личности.

Цифровой двойник: создание цифровых моделей электрода для моделирования условий обнаружения.

Онлайн-мониторинг: датчики собирают данные о состоянии, состоянии и производительности в режиме реального времени.

Процесс работы

Обнаружение с помощью искусственного интеллекта:

Собирайте обнаруженные данные обии и передавайте их в модель искусственного интеллекта.

Модель анализирует данные и выдает результаты.

Цифровой двойник:

Создание модели электрода для исследования процесса обнаружения.

Убедитесь, что результаты моделирования согласуются с фактическими данными.

Онлайн-мониторинг:

Разверните датчики для сбора данных в режиме реального времени.

Анализируйте данные и настраивайте параметры поиска.

Влияющие факторы

Точность алгоритма: качество обучения модели II влияет на результаты.

Качество данных: анализ целостности данных датчиков.

Интеграция устройств: совместимость датчиков и аналитических систем, влияющих на эффективность.

Оптимизируйте свой выход

Оптимизация алгоритмов: воспользуйтесь большими данными для обучения моделей II.

Модернизация датчиков: Использование высокоточных датчиков.

Оптимизация проводится: Разработка интегрированной платформы контроля.

Анализ данных: создать соответствующую среду тестирования данных.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Будущие тренды

Обнаружение с помощью глубокого обучения: разработка высокоточных моделей искусственного интеллекта.

Полностью найдено: реализовать процесс досмотра без участия оператора.

Зеленые технологии: разработки систем обнаружения с низким энергопотреблением.

Новые технологии обнаружены, такие как с помощью квантовых вычислений, для повышения скорости анализа.



Глава 9 Распространенные проблемы и решения для пользователей цериевых вольфрамовых электродов

Циево-вольфрамовые электроды широко используются при дуговой сварке в среде инертного газа (TIG) и плазменной сварке благодаря их низкой радиации, хорошим свойствам инициирования дуги и стабильности дуги. Тем не менее, пользователи часто сталкиваются с такими проблемами, как электрическая дуга, быстрое прогорание наконечника и трудности с зажиганием дуги во время использования, которые могут быть связаны с собственным электродом, параметрами сварки или рабочим режимом. В этой главе систематически анализируются причины основных проблем и находят окончательные решения по пяти аспектам: плавность дуги, выгорание зонда, выбор содержания церия, сложность дугового разряда и колебание цериевого вольфрама и лантана.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

9.1 Возможные причины нестабильности дуги цериевых вольфрамовых электродов

Нестабильность дуги является распространенной проблемой при использовании цериевых вольфрамовых электродов, проявляющейся в виде дрожания дуги, смещения или прерывания, что влияет на качество сварного шва и стабильность процесса. Нестабильность дуги может быть вызвана такими факторами, как форма наконечника электрода, настройка тока, газовая защита или загрязнение электрода. Ниже приводится подробный анализ причин и решений с учетом четырех аспектов.

9.1.1 Неправильная форма наконечника электрода

Предыстория проблемы

Форма наконечника электрода напрямую влияет на стабильность и стабильность дуги. Церий-вольфрамовые электроды (WC20) обычно необходимо заточить до конического наконечника для оптимизации дугового разряда и стабилизации дуги. Неправильная форма наконечника, например, слишком тупой, слишком заостренный или асимметричный, может привести к рассеиванию или смещению дуги, что влияет на качество сварного шва.

Анализ причин

Тупой наконечник: слишком большой угол конуса (например, $>60^\circ$) может привести к слишком рассеянной дуге, что затруднит устойчивость стабильного дугового положения, особенно при сварке слабым током.

Слишком острый наконечник: угол конуса слишком мал (например, $<20^\circ$), чтобы сделать дугу слишком концентрированной, что может легко вызвать перегрев и сгорание наконечника, вызывая дрожание дуги.

Асимметричная форма: Неравномерная шлифовка или эксцентриситет наконечника может привести к отклонению дуги в одну сторону, что влияет на оригинальность сварного шва.

Шлифовальные следы: Шероховатые шлифовальные поверхности могут привести к частным разрядам, нарушающим стабильность дуги.

решение

Оптимизируйте угол шлифовки: выберите соответствующий угол конуса в зависимости от сварочного тока и материала, обычно 20° – 40° (низкий ток) или 40° – 60° (высокий ток). Используйте специализированный электродный шлифовальный станок, чтобы обеспечить постоянный угол конуса.

Обеспечьте симметрию: Держите электрод на одной линии с осью шлифовального круга во время шлифовки, чтобы избежать эксцентриситета. Вращающиеся захваты используются для повышения точности шлифовки.

Улучшенное качество поверхности: полировка с помощью мелкозернистого шлифовального круга (например, 400 меш) уменьшает шероховатость поверхности и обеспечивает гладкую поверхность насадки.

Регулярный осмотр: проверьте форму наконечника перед сваркой и немедленно зашлифуйте при обнаружении каких-либо дефектов, чтобы обеспечить соответствие технологическим требованиям.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Дополнительные примечания

Выбор формы наконечника должен быть отрегулирован в соответствии с настоящими положениями сварки. Например, при сварке тонкостенной нержавеющей стали рекомендуется использовать меньший угол конуса для трубок дуги; При сварке толстого листа рекомендуется использовать угол конуса большего размера для обработки покрытия дуги. Пользователям следует обратиться к ISO 6848 или AWS A5.12 для получения рекомендаций по параметрам сварки, чтобы убедиться, что форма наконечника соответствует технологическому процессу.

9.1.2 Текущие настройки не соответствуют требованиям

Предыстория проблемы

Текущая настройка является серьезным фактором, влияющим на стабильность дуги. Цериевые вольфрамовые электроды подходят как для сварки током (постоянный ток), так и для сварки переменным током (переменный ток), но неправильный тип, сила или полярность тока могут привести к нестабильности дуги, что влияет на сварочный эффект.

Анализ причин

Неправильный тип тока: При сварке переменным током церий-вольфрамовые электроды превосходят чистоту вольфрамовых электродов, но при прямом постоянном токе (DCRP) они могут вызвать нестабильность электрической дуги из-за перегрева.

Чрезмерная сила тока: превышение рекомендуемого тока для электрода (например, электрод 1,6 мм >150 A) может привести к перегреву наконечника, что приведет к дрожанию дуги.

Низкая сила тока: Слишком низкий ток (например, <10 A) может привести к затруднениям с запуском дуги или нестабильности дуги, особенно при прецизионной сварке.

Неправильный выбор полярности: Обратное соединение постоянного тока (DCEN) является распространенной полярностью цериевых вольфрамовых электродов, и при неправильном использовании постоянного тока дуга снижается.

решение

Выберите правильный тип тока: выберите между реверсивным током тока (DCEN) или переменным током (AC) в зависимости от материала пайки. DCEN подходит для нержавеющей стали и углеродистой стали, AC подходит для алюминиевых и магниевых сплавов.

Отрегулируйте диапазон тока: выберите соответствующий диапазон тока в зависимости от диаметра электрода (например, рекомендуется 50 ~ 100 A для электрода 1,6 мм). Не допускайте превышения максимальной токовой мощности излучателя.

Калибровка полярности: Убедитесь, что полярность DCEN используется для главного наконечника перегрева. При сварке переменным током отрегулируйте положительный и отрицательный полуволновой баланс для стабилизации дуги стабильности.

Используйте оборудование для регулировки тока: используйте сварочные аппараты с источниками тока, чтобы уменьшить влияние колебаний тока на дугу.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Дополнительные примечания

Настройка тока должна соответствовать диаметру электрода и материалу пайки. AWS A5.12 дает подробные рекомендации по диапазону тока, позволяющие пользователям настраивать параметры в зависимости от спецификаций электродов и сварочных задач. Кроме того, регулярная калибровка сварочного аппарата для обеспечения стабильного выходного тока является важной мерой для ограничения нестабильности дуги.

9.1.3 Проблемы с расходом или чистотой защитного газа

Предыстория проблемы

Защитные газы, такие как аргон или гелий, используются для защиты от дуги и расплавления бассейнов, чтобы предотвратить окисление и загрязнение. Проблемы с потоком газа или чистотой могут привести к образованию дугового разряда, что ухудшает качество сварных швов.

Анализ причин

Низкий расход: предполагаемый расход газа (например, <5 л/мин) не может эффективно отображать дугу, вызывая попадание воздуха и дрожание дуги.

Чрезмерный расход: Чрезмерный расход газа (например, >15 л/мин) может вызвать турбулентность и нарушение стабильности дуги.

Недостаточная чистота газа: Кислород или влага (чистота $<99,99\%$), смешанные с защитным газом, могут привести к нестабильности дуги или окислению наконечника.

Неподходящий тип газа: гелий подходит для сварки при высокой температуре, но он может привести к дисперсии дуги при использовании для прецизионной сварки слабыми токами.

решение

Отрегулируйте расход газа: установите соответствующий расход в зависимости от диаметра электрода и условий сварки, обычно $5 \sim 12$ л/мин. При сварке слабым током используется более высокая скорость потока, а при сварке большим током снова увеличивается.

Обеспечьте чистоту газа: используйте газообразный аргон высокой чистоты ($\geq 99,99\%$) и регулярно проверяйте газовые баллоны и трубопроводы, чтобы избежать загрязнения.

Выберите подходящий газ: Отдайте предпочтение аргону для сварки TIG, гелиевым или аргон-гелиевым смесям, подходящим для толстых листов или требующих высокого теплового воздействия.

Проверьте газовую систему: регулярно проверяйте газовые магистрали и расходомеры, чтобы убедиться в отсутствии утечек или засоров и обеспечении стабильной подачи газа.

Дополнительные примечания

Выбор и расход защитного газа должны быть согласованы с процессом сварки. Например, GB/T 4192 рекомендует аргон в качестве основного защитного газа, а гелий — для особых случаев с соблюдением высоких температур. Пользователи должны регулярно обслуживать газовую систему, чтобы избежать нестабильности дуги, вызванного старением или загрязнением трубопроводов.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

CTIA GROUP LTD

Cerium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Cerium Tungsten Electrode

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO_2). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

2. Features of Cerium Tungsten Electrode

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

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

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

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

3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode

Type	CeO_2 Content	Color Code	Density (g/cm^3)	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Cerium Tungsten Electrode

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

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

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

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

9.1.4 Загрязнение или окисление электродов

Предыстория проблемы

Загрязнение или окисление электродов может изменить поверхностные свойства церивольфрамовых электродов, что влияет на выброс электронов и стабильность дуги. Загрязнение может быть вызвано рабочей средой, брызгами талой ванны или неправильным хранением.

Анализ причин

Брызги плавильной ванны: Во время сварки металл расплавленной ванны разбрызгивается на наконечник электрода, образуя поверхностное загрязнение, которое в результате приводит к выбросу электронов.

Загрязнения окружающей среды: масло, пыль или влага в результате воздействия высоких температур прилипают к поверхности электрода, что снижает стабильность дуги.

Образование оксидного слоя: когда электрод подвергается воздействию горячего воздуха или защищает недостаточно газа, на поверхности образуется оксидный слой, что приводит к образованию электронов.

Неправильное хранение: Электроды хранятся во влажной или загрязненной среде, что приводит к загрязнению поверхности или окислению.

решение

Предотвращение разбрызгивания расплавленной ванны: Отрегулируйте угол сварки и расстояние, чтобы уменьшить разбрызгивание ванны. Используйте подходящий экран для потока защитного газа.

Очистите поверхность электродов: используйте специальные чистящие растворы (например, спирт) или ультразвуковой очиститель для удаления поверхностного масла и пыли.

Предотвращение окисления: Обеспечьте достаточное количество защитного газа, чтобы избежать воздействия горячего воздуха на электрод. Охладите электрод сразу после сварки.

Стандартное положение: Храните электроды в сухом, защищенном для пропилена контейнере, чтобы избежать попадания влаги и загрязнений.

Дополнительные примечания

Загрязнение и окисление электродов являются распространенными причинами возникновения нестабильности дуги, особенно в промышленных условиях с высокой влажностью или значительным загрязнением. В стандарте ISO 6848 предъявляются требования к хранению и очистке электродов, и пользователи должны создать строгую систему управления электродами для обеспечения качества поверхности.

9.2 Что делать, если наконечник цериевого вольфрамового электрода перегорает слишком быстро?

Быстрое прогорание наконечника является распространенной проблемой при использовании цериевых вольфрамовых электродов, которая проявляется в быстром износе или плавлении наконечника электрода, что позволяет экономить средства. Анализируются причины и предоставляются решения по четырем аспектам: тип тока, угол измельчения, уровень

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

содержания газа и содержание газа.

9.2.1 Проверка текущего типа и полярности

Предыстория проблемы

Тип тока и полярность напрямую влияют на тепловую нагрузку на наконечнике электрода. Цериево-вольфрамовые электроды настроены для пайки тока обратным (DCEN) и переменным током (AC), но неправильная настройка тока может привести к перегреву и перегоранию наконечника.

Анализ причин

Прямой ток постоянного тока (DCEP): DCEP использовал электрод в более высоких климатических условиях, который приводил к быстрому прогоранию наконечника.

Дисбаланс переменного тока: При сварке переменным током положительный и отрицательный полувольтный дисбаланс (например, слишком длинная положительная полуволна) можно увеличить нагрев наконечника.

Чрезмерный ток: превышение рекомендуемого тока для электрода может привести к перегреву и плавлению наконечника.

Колебания тока: Нестабильная производительность сварочного аппарата может привести к локальному перегреву наконечника.

решение

Отдайте предпочтение DCEN: выберите постоянный ток с обратной полярностью для снижения нагрузки на климат, подходит для сварки нержавеющей и углеродистой стали.

Оптимизируйте баланс переменного тока: При сварке переменным током отрегулируйте соотношения значений и отрицательных полувольт (например, 30% ~ 50% значений полувольт), чтобы уменьшить нагрев на наконечнике.

Управление изменением тока: выберите соответствующий диапазон тока в зависимости от диаметра электрода, чтобы избежать чрезмерного тока.

Откалибруйте сварочный аппарат: Используйте сварочный аппарат со стабилизацией тока, чтобы обеспечить плавный результат.

Дополнительные примечания

AWS A5.12 рекомендует DCEN в качестве основной полярности для церий-вольфрамовых электродов, а сварка переменным током требует тщательной настройки баланса. Пользователи должны регулярно проверять стабильность выходного тока сварочного аппарата, чтобы избежать перегорания наконечника из-за проблем с оборудованием.

9.2.2 Оптимизация угла заточки наконечника

Предыстория проблемы

Угловые заточки наконечника влияют на постоянство дуги и передачу тепла. Неправильный угол заточки может привести к перегреву наконечника, что ускорит выгорание.

Анализ причин

Слишком малый угол конуса: Слишком малый угол конуса (например, $<20^\circ$) делает дугу слишком заметной, наконечник наконечника выдвинут, происходит выгорание.

Неравномерная шлифовка: Асимметричная форма наконечника приводит к локальному перегреву, что приводит к выгоранию.

Шероховатая поверхность: следы шлифовки или шероховатые поверхности имеют частичный разряд, из-за износа наконечника.

Недостаточная частота шлифования: если электрод не затачивается в течение длительного времени, форма наконечника ухудшится и вызовет прогорание.

решение

Выберите правильный угол конуса: выберите угол конуса $20^\circ/40^\circ$ (низкий ток) или $40^\circ/60^\circ$ (высокий ток) в зависимости от тока и материала, чтобы сбалансировать постоянство напряжения и распределение тепла.

Обеспечьте равномерный помол: используйте специализированную электродную шлифовальную машину, чтобы обеспечить симметричность наконечников и избежать локального перегрева.

Полировка насадки: Используйте мелкозернистый шлифовальный круг для полировки насадки, чтобы уменьшить шероховатость поверхности.

Регулярная заточка: в зависимости от времени сварки и состояния наконечника периодически поворачивайте электрод для поддержания стабильной формы.

Дополнительные примечания

Выбор угла заточки наконечника сочетается со сваркой. Например, стандарт GB/T 4192 рекомендует использовать меньший угол конуса для прецизионной сварки слабыми токами и больший угол конуса для сварки со строгим температурным вводом. Пользователи должны использовать профессиональное шлифовальное оборудование, чтобы обеспечить высочайшее качество.

9.2.3 Регулировка типа и расхода защитного газа

Предыстория проблемы

Тип и расход защитного газа влияют на степень термической защиты и окисления наконечника электрода. Неправильные настройки газа могут привести к слишком быстрому сгоранию наконечника.

Анализ причин

Недостаточный расход: слишком низкий расход газа (например, <5 л/мин) не может эффективно защитить наконечник, что приводит к окислению и выгоранию.

Чрезмерный расход: Чрезмерный расход газа (например, >15 л/мин) может вызвать турбулентность, увеличивающую тепловую нагрузку на наконечник.

Неправильный тип газа: высокая теплопроводность гелия может привести к перегреву наконечников, особенно при сварке слабым током.

Недостаточная чистота газа: кислород или влага, смешанные с газом, подвергаются

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

окислению зондом.

решение

Оптимизируйте расход газа: установите расход 5 ~ 12 л/мин, используйте более низкий расход для сварки слабым током и увеличьте его соответствующим образом для сварки большим током.

Выберите аргон в качестве основного газа: Предпочитайте использовать аргон в качестве защитного газа, гелия или аргоно-гелиевой смеси для воздействия с высоким тепловложением.

Обеспечьте чистоту газа: используйте высокочистый аргон ($\geq 99,99\%$) и осмотрите газовые баллоны и трубопроводы, чтобы избежать загрязнения.

Техническое обслуживание газовой системы: регулярно проверяйте расходомеры и трубопроводы, чтобы обеспечить стабильную подачу газа.

Дополнительные примечания

Выбор и расход защитного газа напрямую влияют на срок службы наконечника. Стандарт ISO 6848 рекомендует использовать аргон в качестве основного защитного газа для сварки TIG, и пользователи должны регулировать расход в соответствии с условиями сварки, чтобы обеспечить защиту защитного наконечника.

9.2.4 Использование электродов с повышенным содержанием церия

Предыстория проблемы

Содержание церия влияет на термостойкость и электронно-эмиссионную способность электрода. Стандартные церий-вольфрамовые электроды (WC20, оксид церия 1,8% ~ 2,2%) могут быстро перегореть в кабелях с низким тепловыделением.

Анализ причин

Недостаточное содержание церия: Более низкие уровни церия могут не обеспечить достаточную возможность для выделения электронов, что приведет к перегреву наконечника. Высокотемпературная среда: Пайка с высокими тепловложениями (например, сварка толстыми пластинами) требует более высокой устойчивости электрода к горению.

Определение в качестве электродов: Распределение церия неравномерно между различными партиями электродов, что может привести к локальному выгоранию.

Несоответствие процесса: электроды имеют низкое содержание церия, используемые в кабелях с высокой скоростью, из-за износа наконечников.

решение

Вследствие этого электроды с низким содержанием церия: В связи с высоким тепловыделением выберите электроды с содержанием оксида церия, близким к 2,2%, чтобы повысить устойчивость к высоким температурам.

Проверьте качество электродов: выбирайте электроды в соответствии со стандартами ISO 6848 или GB/T 4192, чтобы обеспечить соблюдение стандартов.

Соответствие условиям сварки: Выберите соответствующий электрод с содержанием церия

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

в соответствии с контактом и током сварки и избегайте использования электродов с низким содержанием церия в проводах с высокой температурой.

Регулярно заменяйте электроды: следите за наконечником и своевременно заменяйте электроды, чтобы избежать снижения качества сварного шва из-за повышенного износа.

Дополнительные примечания

Электроды с низким содержанием церия повышают устойчивость к горению, но стоят выше. Пользователям необходимо взвесить стоимость и производительность на основе требований к производительности AWS A5.12 и выбрать соответствующий тип электрода.

9.3 Как правильно выбрать содержание церия?

Выбор нового содержания церия является ключом к обеспечению производительности церий-вольфрамовых электродов с учетом сварочных материалов, типа тока, условий окружающей среды и стоимости факторов. Ниже приведен анализ основ отбора по четырем аспектам.

9.3.1 Выбор в соответствии с формой сварки (нержавеющая сталь, алюминий и т.д.)

Предыстория проблемы

Различные сварочные материалы (например, нержавеющая сталь, алюминий, углеродистая сталь) предъявляют разные требования к характеристикам дугового разряда и устойчивости электрода к высоким температурам, а также к содержанию церия.

Анализ причин

Нержавеющая сталь: требует слаботочной дуговой дуги и стабильной дуговой дуги, подходящей для стандартного содержания церия (1,8% ~ 2,0%).

Алюминиевый сплав: при сварке переменным током требуется высокая мощность электронов, подходит для более высокого содержания церия (2,0% ~ 2,2%).

Углеродистая сталь: сварка с высоким тепловыделением требует высокой устойчивости к горению и подходит для содержания церия, близкого к 2,2%.

Специальные сплавы, такие как титановые сплавы, которые требуют чрезвычайно высокой стабильности дуги и требуют выбора электрода с малым содержанием церия и равномерным легированием.

решение

Сварка из нержавеющей стали: Ударный электрод WC20 с содержанием церия 1,8% ~ 2,0% для обеспечения работы дугового разряда с низким током.

Сварка алюминиевым сплавом: Выберите электрод с напряжением церия 2,0% ~ 2,2% для стабилизации стабильности дуги при сварке переменным током.

Сварка углеродистой стали: используйте электроды с содержанием церия, близким к 2,2%, для регулировки устойчивости к высоким температурам.

Сварка специальными сплавами: выбирайте электроды с небольшим содержанием церия и стабильным качеством в соответствии со стандартами ISO 6848 или HB 7716.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Дополнительные примечания

Выбор сварочного материала напрямую влияет на необходимость содержания церия. Стандарт GB/T 4192 содержит рекомендации по параметрам сварки для различных материалов, и пользователи могут выбирать тот электрод в зависимости от характеристик материала и технологических требований.

9.3.2 Выбор по типу и интенсивности тока

Предыстория проблемы

Тип тока (постоянный или переменный) и его интенсивность влияют на тепловую нагрузку и способность электрода к электронной эмиссии, а содержание церия должно соответствовать текущим условиям.

Анализ причин

DC Reverse (DCEN): Низкая тепловая нагрузка, подходит для стандартного содержания церия (1,8%~2,0%).

Переменный ток (AC): переключение положительных и отрицательных полувольт увеличивает тепловую нагрузку и требует более высокого содержания церия (2,0%~2,2%).

Низкий ток: < 50 А, требуются высокие характеристики дугообразователя, подходит для содержания церия 1,8–2,0%.

Высокий ток: например, >100 А, что требует высокой стойкости к выгоранию и подходит для содержания церия около 2,2%.

решение

DCEN : выберите электрод WC20 с содержанием церия 1,8–2,0%, подходящий для случаев с низким тепловложением.

Сварка переменным током: выбирайте электроды с содержанием церия 2,0–2,2%, чтобы оптимизировать баланс положительных и отрицательных полувольт.

Сварка на слабом токе: выбирайте стандартные электроды с содержанием церия, чтобы обеспечить эффективность дуги.

Сварка при больших токах: выбирайте электроды с высоким содержанием церия для повышения стойкости к выгоранию.

Дополнительные примечания

AWS A5.12 содержит рекомендации по выбору электродов в зависимости от типа и силы тока, а пользователи должны выбирать соответствующее содержание церия в зависимости от диапазона выходного тока сварочного аппарата.

9.3.3 Учитывайте условия сварки и совместимость оборудования

Предыстория проблемы

На выбор электрода влияют условия сварки (например, влажность, температура) и производительность оборудования, а содержание церия должно соответствовать этим условиям.

Анализ причин

Высокая влажность окружающей среды: влага может вызвать окисление электрода, поэтому выбирайте коррозионно-стойкий электрод с высоким содержанием церия.

Высокотемпературная среда: увеличивает риск выгорания наконечника и требует выбора электродов с высоким содержанием церия.

Производительность оборудования: Старые сварочные аппараты могут иметь нестабильную производительность, поэтому для компенсации этого необходимо выбирать высокопроизводительные электроды.

Система защитного газа: Недостаточная чистота газа или скорость его потока повлияют на производительность электрода, поэтому выбирайте электрод с более высокой прочностью.

решение

Среда с высокой влажностью: выбирайте электрод с содержанием церия 2,0%–2,2% для повышения коррозионной стойкости.

Высокотемпературные среды: выбирайте электроды с высоким содержанием церия, чтобы продлить срок службы наконечника.

Старое оборудование: выбирайте высокопроизводительные электроды WC20, чтобы компенсировать нестабильность оборудования.

Оптимизируйте газовые системы: обеспечьте подачу газа высокой чистоты с помощью стандартных электродов с содержанием церия.

Дополнительные примечания

Сложность условий сварки требует от пользователей учитывать как характеристики электродов, так и состояние оборудования. В стандарте EN 26848 подчеркивается необходимость адаптации электродов к различным условиям, поэтому пользователи должны регулярно проверять условия окружающей среды и состояние оборудования.

9.3.4 Баланс между стоимостью и производительностью

Предыстория проблемы

Электроды с высоким содержанием церия обладают превосходными характеристиками, но имеют высокую стоимость, и пользователям необходимо найти баланс между стоимостью и производительностью.

Анализ причин

Стоимость высокого содержания церия: электроды с содержанием оксида церия, близким к 2,2%, имеют более высокую стоимость производства, что делает их подходящими для сценариев с высоким спросом.

Применимость стандартного содержания церия: электрод с содержанием церия 1,8%–2,0% имеет более низкую стоимость и подходит для обычной сварки.

Срок службы: электроды с высоким содержанием церия имеют более длительный срок службы, что снижает долгосрочные затраты.

Оптовые закупки: использование электродов с высоким содержанием церия в больших количествах может привести к увеличению общей стоимости.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

решение

Обычная сварка: для снижения затрат выбирайте электрод WC20 с содержанием церия 1,8–2,0%.

Сварка в условиях высоких требований: для обеспечения производительности выбирайте электроды с содержанием церия 2,0–2,2%.

Оценка стоимости: выберите наиболее экономически эффективный электрод на основе требований к частоте сварки и сроку службы.

Выбор поставщика: выбирайте поставщиков, которые соответствуют стандартам ISO 6848 или GB/T 4192, обеспечивая баланс качества и стоимости.

Дополнительные примечания

Баланс между стоимостью и производительностью определяется бюджетом проекта и требованиями к сварке. Чтобы понять рыночную динамику цен и выбрать подходящий электрод, пользователи могут ознакомиться с годовым отчётом Ассоциации вольфрамовой промышленности Китая.

9.4 Меры противодействия дугообразованию на церий-вольфрамовых электродах

Проблемы с дугообразованием — распространённая проблема при использовании церий-вольфрамовых электродов, проявляющаяся в том, что дуга зажигается с трудом или требует многократных попыток. Ниже анализируются причины и предлагаются решения, учитывающие четыре аспекта: чистота поверхности, геометрия наконечника, параметры устройства и стабильность мощности.

9.4.1 Проверьте чистоту поверхности электрода

Предыстория проблемы

Чистота поверхности электрода напрямую влияет на способность к электронной эмиссии, а загрязнение или окисление могут вызвать проблемы с дугообразованием.

Анализ причин

Загрязнение поверхности: брызги масла, пыли или расплава прилипают к поверхности электрода, препятствуя эмиссии электронов.

Оксидный слой: электрод подвергается воздействию воздуха или недостаточного количества защитного газа, что приводит к окислению поверхности и снижению характеристик дуги.

Неправильное хранение: электроды хранятся во влажной среде, что приводит к загрязнению или образованию оксидных слоев на поверхности.

Загрязнение в процессе эксплуатации: воздействие загрязняющих веществ во время сварки, например, потных рук, может повлиять на качество поверхности.

решение

Очистите электроды: протрите поверхность электрода спиртом или специальным чистящим раствором, при необходимости воспользуйтесь ультразвуковой очисткой.

Предотвращение окисления: Обеспечьте достаточный уровень защитного газа, чтобы избежать воздействия горячего воздуха на электрод.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Регулируемое хранение: храните электроды в сухом, пыленепроницаемом, герметичном контейнере.

Технические характеристики: При работе с электродами надевайте перчатки, чтобы избежать загрязнения рук потом.

Дополнительные примечания

Чистота поверхности электродов — основа эффективности дуги. Стандарт ISO 6848 определяет требования к хранению и очистке электродов, и пользователи должны разработать строгую систему управления электродами.

9.4.2 Оптимизация геометрии наконечника

Предыстория проблемы

Геометрия наконечника влияет на способность зажигания дуги, а неправильная форма может привести к трудностям в поджигании дуги.

Анализ причин

Слишком большой угол конуса: Слишком большой угол конуса (например, $> 60^\circ$) рассеивает дугу и затрудняет ее зажигание.

Пассивация наконечника: Длительное использование приводит к затуплению наконечника, что снижает эффективность эмиссии электронов.

Асимметричная форма: неравномерная шлифовка приводит к отклонению дуги, что затрудняет ее зажигание.

Шероховатая поверхность: следы шлифования или шероховатые поверхности препятствуют испусканию электронов.

решение

Выберите правильный угол конуса: используйте угол конуса 20° 30° для сварки на слабом токе и угол конуса 30° 50° для сварки на сильном токе.

Регулярная заточка: затачивайте кончик в зависимости от времени использования, поддерживая его острую форму.

Обеспечьте симметрию: используйте специальные шлифовальные станки, чтобы обеспечить симметричность наконечника.

Советы по полировке: Полировка мелкозернистым шлифовальным кругом снижает шероховатость поверхности.

Дополнительные примечания

Оптимизация геометрии наконечника — ключ к решению проблем с зажиганием дуги. AWS A5.12 рекомендует выбирать правильный угол конуса в зависимости от силы тока и материала, а пользователям следует использовать профессиональное шлифовальное оборудование.

9.4.3 Регулировка параметров сварочного оборудования (высокочастотный поджиг дуги и т. д.)

Предыстория проблемы

Такие параметры сварочного оборудования, как настройки высокочастотного зажигания дуги, напрямую влияют на характеристики дуги, а неправильные параметры могут привести к проблемам с дугой.

Анализ причин

Недостаточное горение дуги при высокой частоте: интенсивность или частота высокочастотных импульсов слишком низкая, что затрудняет зажигание дуги.

Слишком низкая настройка тока: ток ниже рекомендуемого диапазона электрода, а эмиссия электронов недостаточна.

Неподходящий защитный газ: скорость потока или тип газа не соответствуют друг другу, что влияет на зажигание дуги.

Старение оборудования: высокочастотный модуль или выходная мощность сварочного аппарата нестабильны.

решение

Оптимизируйте высокочастотную дугу: отрегулируйте интенсивность и частоту высокочастотных импульсов, чтобы обеспечить быстрое зажигание дуги.

Установите подходящий ток: выберите подходящий ток дуги в соответствии с диаметром электрода (например, для электрода диаметром 1,6 мм рекомендуется 30~50 А).

Отрегулируйте защитный газ: используйте аргон и установите расход 5–10 л/мин, чтобы обеспечить защитный эффект.

Оборудование для технического обслуживания: Регулярно калибруйте сварочный аппарат и проверяйте высокочастотный модуль и стабильность питания.

Дополнительные примечания

Высокочастотная дуга — распространённый метод индукционного зажигания дуги для церий-вольфрамовых электродов, и рекомендации по настройке параметров приведены в стандарте GB/T 4192. Для обеспечения надёжного зажигания дуги пользователям следует регулярно обслуживать оборудование.

9.4.4 Замените электрод или проверьте стабильность питания.

Предыстория проблемы

Качество электрода или нестабильность источника питания могут стать причиной проблем с дугой. Для их устранения необходимо заменить электрод или проверить источник питания.

Анализ причин

Проблемы с качеством электродов: неравномерное распределение церия или чрезмерное количество примесей влияют на эффективность зажигания дуги.

Старение электрода: Длительное использование приводит к износу наконечника, что снижает возможности образования дуги.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Нестабильное электропитание: выходное напряжение или ток сварочного аппарата колеблются, что влияет на зажигание дуги.

Проблемы с подключением: неплотный или плохой контакт с захватами электродов, что приводит к плохой передаче тока.

решение

Замените электрод: выберите электрод WC20, соответствующий стандартам ISO 6848 или GB/T 4192, чтобы гарантировать качество.

Регулярная замена: своевременно меняйте электроды в зависимости от времени использования и состояния наконечника.

Проверьте источник питания: откалибруйте сварочный аппарат, чтобы обеспечить стабильное напряжение и ток на выходе.

Проверьте захват: убедитесь, что захват электрода плотно зафиксирован и имеет хороший контакт.

Дополнительные примечания

Стабильность электропитания и качество электродов являются основой эффективности дуги. Пользователям следует выбирать надежных поставщиков и регулярно проверять сварочное оборудование, чтобы избежать проблем с дугой из-за проблем с оборудованием.

9.5 Анализ проблемы совместного использования цериевого вольфрама и лантанового вольфрама

Церий-вольфрамовые (WC20) и лантан-вольфрамовые (WL20) электроды схожи по своим характеристикам и применению, но их смешивание может привести к снижению производительности или проблемам в управлении. Ниже анализируется проблема смешивания с четырех сторон: влияние на производительность, стабильность дуги, управление идентификацией и альтернативы.

9.5.1 Влияние смешивания на производительность

Предыстория проблемы

Для сварки TIG подходят как церий-вольфрамовые, так и лантан-вольфрамовые электроды, но разница в легировании (оксид церия и оксид лантана) приводит к разным свойствам, а смешивание может повлиять на сварочный эффект.

Анализ причин

Электронно-эмиссионная способность: оксид церия церий-вольфрамового электрода обеспечивает хорошие характеристики дуги при слабом токе, а оксид лантана лантан-вольфрамового электрода более устойчив к выгоранию при больших токах.

Различия в тепловой нагрузке: электроды из лантана и вольфрама более стабильны в условиях высокого подвода тепла, тогда как электроды из церия и вольфрама подходят для слабых и умеренных токов.

Различия в химическом составе: смешивание может привести к нестабильным характеристикам электродов, что скажется на качестве сварки.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Адаптируемость процесса: разные электроды подходят для разных параметров сварки, и их смешивание может привести к неправильным настройкам параметров.

решение

Понятные сценарии использования: выбирайте соответствующий электрод в соответствии со сварочным материалом и током, чтобы избежать смешивания.

Хранить отдельно: Храните церий-вольфрамовые и лантан-вольфрамовые электроды отдельно, чтобы избежать путаницы.

Отрегулируйте параметры сварки: отрегулируйте ток и скорость потока газа в зависимости от типа электрода, чтобы обеспечить соответствие характеристик.

Проверка качества: используйте электроды, соответствующие стандартам ISO 6848 или AWS A5.12, чтобы избежать отклонений в характеристиках.

Дополнительные примечания

Различия в характеристиках церий-вольфрамовых и лантан-вольфрамовых электродов необходимо выбирать в соответствии с конкретным процессом. В AWS A5.12 представлено сравнение характеристик двух электродов, и пользователи могут выбрать один тип, исходя из своих потребностей в сварке.

9.5.2 Проблемы нестабильности дуги, которые могут быть вызваны смешиванием

Предыстория проблемы

Совместное использование церий-вольфрамовых и лантан-вольфрамовых электродов может привести к нестабильности дуги, что повлияет на качество сварки и эффективность процесса.

Анализ причин

Разница в характеристиках дуги: Церий-вольфрамовые электроды имеют лучшие характеристики дуги, чем лантан-вольфрамовые при низких токах, а смешивание может привести к трудностям с дугой.

Различия в стабильности дуги: электроды из лантана и вольфрама более стабильны при высоких токах, а электроды из церия и вольфрама могут вызывать дрожание дуги из-за перегрева.

Несоответствие параметров: При смешивании электродов параметры сварки могут не подходить для текущего типа электрода.

Разница в форме наконечника: рекомендуемый угол конуса двух электродов различен, а смешивание может привести к рассеиванию дуги.

решение

Избегайте смешивания: отдавайте предпочтение использованию электродов одного типа, чтобы обеспечить постоянство процесса.

Оптимизируйте параметры: отрегулируйте ток, полярность и поток газа в зависимости от типа электрода.

Проверьте форму наконечника: убедитесь, что заточка наконечника электрода соответствует рекомендуемому углу конусности (например, церий-вольфрам 20°40°, лантан-вольфрам

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

30°50°).

Регулярная проверка: перед сваркой проверяйте тип электрода, чтобы избежать нестабильности, вызванной смешиванием.

Дополнительные примечания

Нестабильность дуги — распространённая проблема при использовании смешанных электродов. Стандарт EN 26848 рекомендует пользователям строго различать типы электродов, чтобы избежать проблем в процессе сварки, вызванных смешиванием.

9.5.3 Рекомендации по идентификации и управлению при смешивании

Предыстория проблемы

Церий-вольфрамовые и лантан-вольфрамовые электроды внешне похожи, и из-за нечеткой маркировки может возникнуть их смешивание, что скажется на качестве сварки и эффективности управления.

Анализ причин

Схожая идентификация цвета: конечные цвета цериевого вольфрама (серый) и лантанового вольфрама (синий) может быть трудно различимы при слабом освещении.

Беспорядок при хранении: электроды не хранятся отдельно по типу, что приводит к путанице.

Отсутствующие этикетки: нечеткая идентификация модели на упаковке или электродах, что увеличивает риск путаницы.

Небрежная эксплуатация: Оператор не проверил внимательно тип электрода и использовал его по назначению.

решение

Улучшенная цветовая идентификация: маркировка строго соответствует цветовому кодированию ISO 6848 или AWS A5.12 (церий-вольфрамовый серый, лантан-вольфрамовый синий).

Хранить отдельно: Храните церий-вольфрамовые и лантан-вольфрамовые электроды в отдельных контейнерах или этикетках, чтобы избежать путаницы.

Четкая маркировка: убедитесь, что на упаковке электрода указан номер модели WC20 или WL20, включая информацию о производителе и партии.

Обучение эксплуатации: операторы обучаются определять тип электрода и проверять идентификацию перед использованием.

Дополнительные примечания

Идентификация и контроль играют ключевую роль в предотвращении смешивания. Стандарт GB/T 4192 подчеркивает требования к цветовой кодировке и упаковке электродов, и пользователи должны разработать строгую систему контроля электродов.

9.5.4 Рекомендуемый выбор электродов и альтернативы

Предыстория проблемы

Чтобы избежать смешивания, пользователям необходимо выбрать правильный электрод для

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

своих сварочных задач и изучить альтернативные варианты для оптимизации процесса.

Анализ причин

Различия в требованиях к процессу: церий-вольфрам подходит для слабых и умеренных токов, а лантан-вольфрам подходит для сильных токов, и смешивание может привести к ухудшению характеристик.

Разница в стоимости: лантан-вольфрамовые электроды стоят дороже, и необходимо оценить альтернативные варианты с точки зрения экономической эффективности.

Стабильность поставок: В некоторых регионах некоторые электроды может быть сложно приобрести, поэтому требуются альтернативные варианты.

Совместимость оборудования: Различные электроды предъявляют разные требования к параметрам сварочного оборудования, и их необходимо подбирать и подбирать.

решение

Сварка на слабом токе: отдайте предпочтение церий-вольфрамовым электродам (WC20), подходящим для сварки нержавеющей стали и листового металла.

Сварка сильным током: выберите лантаново-вольфрамовый электрод (WL20), подходящий для сварки толстых пластин и суперсплавов.

Альтернатива: если запас церий-вольфрамовых электродов недостаточен, вместо них можно использовать лантан-вольфрамовые электроды, но при этом необходимо отрегулировать угол конуса и параметры тока.

Выбор поставщика: выбирайте поставщиков, которые соответствуют стандартам ISO 6848 или GB/T 4192, чтобы гарантировать качество электродов.

Дополнительные примечания

Выбор электрода требует комплексного анализа технологических требований и затрат. В AWS A5.12 представлено сравнение характеристик цериевого и лантанового вольфрама, что позволяет пользователям выбрать подходящий тип электрода для конкретной области применения.



Глава 10. Перспективы развития церий-вольфрамовых электродов

Церий-вольфрамовые электроды, являясь ключевым материалом для дуговой сварки в среде инертного газа (TIG) и плазменной сварки, занимают важное место в мировой сварочной отрасли благодаря своей низкой радиоактивности, отличным характеристикам горения и стабильности дуги. В условиях стремительного развития материаловедения, производственных технологий и новых отраслей промышленности технологические инновации, области применения и рыночная конъюнктура церий-вольфрамовых электродов претерпевают глубокие изменения. В данной главе систематически рассматриваются будущие тенденции развития церий-вольфрамовых электродов с трёх точек зрения: технологические инновации, расширение сферы применения, рынок и политика, а также проводится глубокий анализ предыстории, направления развития, потенциального влияния и перспектив применения каждого направления.

10.1 Технологические инновации церий-вольфрамовых электродов

Технологические инновации являются основной движущей силой повышения производительности и расширения сферы применения церий-вольфрамовых электродов. В будущем исследования и разработки новых легированных материалов, интеллектуального и экологичного производства, а также высокопроизводительных электродов станут основными направлениями технологического развития, что обеспечит более высокую

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

производительность, снижение стоимости и экологичность методов производства церий-вольфрамовых электродов.

10.1.1 Новые легированные материалы и процессы

Техническое образование

Характеристики церий-вольфрамового электрода в основном зависят от синергетического эффекта вольфрамовой матрицы и легирующей примеси оксида церия. Традиционный церий-вольфрамовый электрод (WC20) улучшает характеристики зажигания и стабильности дуги благодаря добавлению 1,8–2,2% оксида церия, однако с ростом требований к высокоточной сварке и высоким температурам постепенно проявляются ограничения, связанные с легированием одним оксидом церия. Внедрение новых легирующих материалов и передовых производственных процессов позволит значительно улучшить термостойкость, электронно-эмиссионную способность и срок службы электродов.

Тенденция развития

Технология композитного легирования: В будущем будут разработаны композитные электроды с легированием, например, с добавлением оксида лантана, оксида иттрия или диоксида циркония к оксиду церия для формирования многокомпонентной системы легирования. Композитное легирование оптимизирует характеристики электронной эмиссии и снижает скорость выгорания электрода, что делает его пригодным для сварки с высоким тепловложением и сверхточной сварки. Например, ожидается, что композитные электроды из церия и лантана будут демонстрировать лучшую стабильность дуги при сварке жаропрочных сплавов.

Процесс нанолегирования: повышение микроструктурной стабильности электрода за счёт равномерного легирования наночастицами оксида церия (размер частиц <100 нм). Нанолегирование улучшает равномерность распределения оксида церия, снижает локальный перегрев и улучшает характеристики дугообразователя электродов при низких токах, что делает их особенно подходящими для полупроводниковой и микроэлектронной промышленности.

Новые материалы подложки: исследуйте сплавы на основе вольфрама, такие как вольфрам-молибденовые или вольфрам-ренийевые, в качестве материалов подложки для повышения механической прочности и термостойкости электродов. Эти новые матричные материалы продлевают срок службы электродов в экстремальных условиях.

Передовые производственные процессы: плазменное спекание, лазерная наплавка и 3D-печать используются для оптимизации распределения легирования и микроструктуры электродов. Лазерная наплавка позволяет точно контролировать легирование, а 3D-печать позволяет создавать электроды индивидуальной формы для удовлетворения особых требований сварки.

Технология модификации поверхности: плазменное напыление или химическое осаждение из паровой фазы (CVD) используется для формирования на поверхности электрода стойкого к высоким температурам покрытия, что снижает окисление кончика и выгорание, а также повышает стабильность электрода при высокочастотной сварке.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Потенциальное воздействие

Повышение производительности: технологии композитного легирования и нанолегирования значительно улучшают характеристики зажигания дуги и стойкость электродов к высоким температурам, удовлетворяя требованиям таких востребованных отраслей, как аэрокосмическая и атомная промышленность.

Контроль затрат: новые процессы должны обеспечивать баланс между повышением производительности и производственными затратами, а нанолегирование и 3D-печать могут иметь более высокие первоначальные затраты, но в долгосрочной перспективе могут снизить частоту замены электродов.

Обновления отраслевых стандартов: новые легированные материалы приведут к пересмотру таких стандартов, как ISO 6848, добавив новые требования к классификации и испытаниям для композитных легированных электродов.

Перспективы применения

Новые легирующие материалы и технологии сделают церий-вольфрамовые электроды пригодными для более широкого спектра сварочных задач, таких как сварка сплавов при сверхвысоких температурах, производство микроустройств и нового энергетического оборудования. В аэрокосмической промышленности композитные легированные электроды могут использоваться для прецизионной сварки титановых сплавов, а в полупроводниковой промышленности — для микропайки нанолегированные электроды.

10.1.2 Интеллектуальное и экологичное производство

Техническое образование

Интеллектуальное и экологичное производство являются основным направлением модернизации производства. Производство церий-вольфрамовых электродов включает в себя энергозатратные процессы, такие как порошковая металлургия и высокотемпературное спекание, а традиционные процессы сопряжены с проблемами энергопотерь и загрязнения окружающей среды. В будущем интеллектуальное производство и экологичные технологии позволят оптимизировать процесс производства электродов, повысить эффективность и снизить воздействие на окружающую среду.

Тенденция развития

Интеллектуальное производство: Внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ) и промышленного интернета вещей (IoT) для оптимизации процесса производства электродов. ИИ прогнозирует качество электродов и автоматически корректирует параметры процесса, контролируя легирование порошка, температуру спекания и давление формования в режиме реального времени. Системы Интернета вещей позволяют реализовать взаимосвязь производственного оборудования и повысить уровень автоматизации производственных линий.

Онлайн-контроль качества: разработка онлайн-систем инспекции на основе искусственного интеллекта, использующих машинное зрение и спектральный анализ для определения химического состава, микроструктуры и качества поверхности электродов в режиме реального времени. Это заменит традиционные ручные методы контроля, повысив

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

эффективность и единообразие результатов.

Экологичный производственный процесс: для снижения энергопотребления используются низкоэнергетические методы спекания (например, микроволновое или плазменное спекание). Разработать технологию переработки отходов для вторичной переработки порошка вольфрама и отходов оксида церия в процессе производства, чтобы сократить количество отходов сырья.

Экологически безопасная обработка поверхности: замените традиционные методы химической очистки на плазменную или лазерную очистку, чтобы сократить выбросы жидких отходов и повысить экологичность производственного процесса.

Технология цифровых двойников: создание цифровой модели двойника линии по производству электродов, моделирование технологического процесса, оптимизация параметров производства, снижение затрат на испытания и воздействия на окружающую среду.

Потенциальное воздействие

Повышение эффективности производства: интеллектуальное производство позволяет сократить производственный цикл и улучшить однородность и стабильность качества электродов.

Экологичность: экологически чистые производственные технологии позволят сократить потребление энергии и выбросы, будут соответствовать мировым экологическим нормам и повысят конкурентоспособность предприятий.

Оптимизация затрат: интеллектуальные технологии и технологии переработки отходов могут снизить долгосрочные производственные затраты, но первоначальные инвестиции в оборудование выше.

Адаптируемость стандартов: Экологичное производство будет способствовать добавлению положений по защите окружающей среды в такие стандарты, как GB/T 4192, и стандартизации производственного процесса.

Перспективы применения

Интеллектуальное и экологичное производство сделает производство церий-вольфрамовых электродов более эффективным и экологичным, удовлетворяя спрос на высокопроизводительные электроды в аэрокосмической, автомобильной и других отраслях. Интеллектуальные системы тестирования предоставляют предприятиям возможности отслеживания качества, а экологичные процессы повышают конкурентоспособность электродов на экологически строгих рынках, таких как Европа.

10.1.3 Исследование и разработка высокопроизводительных электродов

Техническое образование

С развитием сварочных технологий такие востребованные отрасли, как аэрокосмическая, полупроводниковая и атомная промышленность, устанавливают более высокие стандарты к характеристикам электродов. Эффективность традиционных церий-вольфрамовых электродов в условиях сверхвысоких и сверхнизких токов, а также в экстремальных условиях по-прежнему нуждается в улучшении, поэтому исследования и разработки

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

высокопроизводительных электродов стали приоритетом будущего.

Тенденция развития

Электроды сверхвысокого тока: разработать церий-вольфрамовые электроды, подходящие для сверхвысоких токов (>300 А), повышающие стойкость к горению и стабильность дуги за счет оптимизации соотношений легирования и матричных материалов для удовлетворения требований сварки толстых пластин.

Электроды сверхнизкого тока: разработать электроды, подходящие для сверхнизкого тока (<10 А), используя методы нанолегирования и модификации поверхности для оптимизации характеристик дуги и удовлетворения потребностей микросварки.

Электроды, устойчивые к экстремальным условиям окружающей среды: разработка высокотемпературных и коррозионностойких электродов, подходящих для использования в особых условиях, таких как атомная промышленность и морское строительство. Например, нанесение антикоррозионных покрытий или использование подложек из вольфрам-рениевого сплава может повысить стабильность электрода в условиях высоких температур и влажности.

Электроды с длительным сроком службы: продлевайте срок службы электродов, сокращайте частоту их замены и снижайте долгосрочные расходы за счет легирования соединениями и передовой технологии спекания.

Индивидуальные электроды: используйте технологию 3D-печати для производства индивидуальных электродов, отвечающих особым требованиям к форме или эксплуатационным характеристикам, например, нестандартным диаметрам или сложной геометрии наконечника.

Потенциальное воздействие

Расширенный спектр применения: высокопроизводительные электроды будут отвечать высоким требованиям развивающихся отраслей, стимулируя применение церий-вольфрамовых электродов на высокотехнологичных рынках.

Технические барьеры: Исследования и разработки высокопроизводительных электродов требуют больших инвестиций, что может усилить конкуренцию в отрасли и привести к возникновению технических барьеров.

Обновления стандартов: высокопроизводительные электроды будут способствовать выполнению новых требований к производительности в соответствии со стандартами, такими как AWS A5.12, и способствовать стандартизации отрасли.

Перспективы применения

Высокопроизводительные электроды найдут широкое применение в аэрокосмической промышленности (сварка титановых сплавов), производстве полупроводников (сварка микросхем) и атомной промышленности (сварка суперсплавов). Доступны электроды, изготовленные по индивидуальному заказу, для удовлетворения индивидуальных потребностей, например, для сварки деталей сложной геометрии при производстве медицинских приборов.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

CTIA GROUP LTD

Cerium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Cerium Tungsten Electrode

Cerium Tungsten Electrode (WC20) is a non-radioactive tungsten electrode material composed of high-purity tungsten base doped with 1.8% to 2.2% cerium oxide (CeO_2). Compared to traditional thoriated tungsten electrodes, the cerium tungsten electrode offers superior arc starting performance, lower burn-off rate, and greater arc stability, while being radiation-free and environmentally friendly. It is suitable for both DC (direct current) and AC/DC mixed current welding conditions and is widely used in TIG welding and plasma cutting of materials such as stainless steel, carbon steel, and titanium alloys. This makes it an ideal green substitute in modern industrial welding.

2. Features of Cerium Tungsten Electrode

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

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

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

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

3. Specifications of Cerium Tungsten Electrode

Type	CeO_2 Content	Color Code	Density (g/cm^3)	Length (mm)	Diameter Range (mm)
WC20	1.8% – 2.2%	Grey	19.3	50 – 175	1.0 – 6.4

4. Applications of Cerium Tungsten Electrode

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

Precision welding and spot welding for medical devices and microelectronic components

Suitable for DC and AC/DC mixed welding conditions

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

5. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: www.tungsten.com.cn

10.2 Расширение области применения церий-вольфрамовых электродов

Области применения церий-вольфрамовых электродов стремительно расширяются, а спрос в таких развивающихся отраслях, как новая энергетика, производство полупроводников и микросварка, открывает новые возможности для электродов. В будущем церий-вольфрамовые электроды будут играть всё большую роль в высокоточных и специальных областях применения.

10.2.1 Спрос со стороны развивающихся отраслей (новая энергетика, полупроводники и другие)

Предыстория приложения:

Стремительное развитие новых видов энергетики (фотоэлектрической, ветроэнергетики, водородной) и полупроводниковой промышленности предъявляет повышенные требования к сварочным технологиям. Церий-вольфрамовые электроды идеально подходят для этих отраслей благодаря своей низкой радиоактивности и высоким эксплуатационным характеристикам.

Тенденция развития

Фотоэлектрическая промышленность: производство фотоэлектрических модулей требует высокоточной сварки, например, соединения кремниевых пластин и сборки ячеек. Отличные дугообразующие свойства церий-вольфрамового электрода подходят для прецизионной сварки малыми токами и в будущем найдут широкое применение в производстве фотоэлектрического оборудования.

Ветроэнергетика: Сварка ветроэнергетического оборудования, такого как башни и лопасти, требует высокой прочности и коррозионной стойкости. Церий-вольфрамовые электроды могут использоваться для сварки толстолистовых материалов благодаря композитному легированию и будут использоваться в более масштабных проектах ветроэнергетики в будущем.

Водородная энергетика: производство водородных топливных элементов подразумевает сварку тонкостенных металлов, а низкоамперные характеристики и стабильность дуги церий-вольфрамовых электродов станут ключевыми, и спрос будет быстро расти в будущем.

Полупроводниковая промышленность: Корпусирование микросхем и производство микроэлектроники требуют сверхточной пайки, а нанолегированная версия церий-вольфрамового электрода может соответствовать требованиям пайки на микронном уровне и в будущем сыграет свою роль в производстве микросхем 5G и искусственного интеллекта.

Электромобильная промышленность: производство аккумуляторных батарей и двигателей требует высоконадежной сварки, а высокопроизводительные версии церий-вольфрамовых электродов будут способствовать массовому производству электромобилей.

Потенциальное воздействие

Рост рынка: Спрос со стороны развивающихся отраслей будет определять размер рынка церий-вольфрамовых электродов.

Технологические усовершенствования: Спрос на высокоточную сварку ускорит исследования и разработки высокопроизводительных электродов.

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

Сотрудничество с промышленностью: производителям электродов необходимо сотрудничать с новыми энергетическими и полупроводниковыми компаниями для разработки индивидуальных решений.

Перспективы применения

Церий-вольфрамовые электроды будут играть ключевую роль в новой энергетике и полупроводниковой промышленности. Например, в фотоэлектрической промышленности церий-вольфрамовые электроды могут использоваться для эффективной сварки кремниевых пластин, а в водородной энергетике — для повышения качества производства топливных элементов благодаря высокопроизводительным электродам.

10.2.2 Микросварка и сверхточная сварочная технология

Предыстория приложения:

Технологии микросварки и сверхточной сварки всё чаще востребованы в медицинской технике, микроэлектронике, аэрокосмической промышленности и других областях. Слаботочные дуговые характеристики церий-вольфрамовых электродов делают их идеальными для микросварки и в будущем найдут применение в более деликатных условиях.

Тенденция развития

Микросварочные электроды: Разработка церий-вольфрамовых электродов диаметром менее 0,5 мм, подходящих для сварки в микронных масштабах, например, при производстве медицинских имплантатов. Технология нанолегирования улучшит характеристики электрода при сверхнизких токах.

Сверхточная сварка: оптимизация геометрии наконечника электрода и методы модификации поверхности для обеспечения концентрации и стабильности дуги, отвечающие требованиям корпусирования полупроводниковых кристаллов и аэрокосмических микроструктур.

Автоматизированная сварочная система: объединение роботизированной и лазерной сварочной технологии для разработки автоматизированных электродных систем, подходящих для микросварки, с целью повышения точности и эффективности сварки.

Технология низкотемпературной сварки: исследование и разработка низкотемпературнотойких электродов, подходящих для микросварки в условиях низких температур, например, при сборке электронных компонентов космических аппаратов.

Сварка различных материалов: разработка электродов, обеспечивающих сварку разнородных материалов, таких как металлы и керамика, отвечающих сложным потребностям микроэлектронной и медицинской промышленности.

Потенциальное воздействие

Технологический прорыв: Исследования и разработки микросварочных электродов будут способствовать усовершенствованному развитию сварочных технологий.

Проблема стоимости: производство сверхточных электродов обходится дорого, поэтому для снижения цены требуется оптимизация процесса.

Разработка стандартов: Микросварочные электроды будут способствовать добавлению положений по микросварке в такие стандарты, как ISO 6848.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Перспективы применения

Церий-вольфрамовые электроды найдут применение в области микросварки, например, при сварке кардиостимуляторов в медицинской промышленности, корпусировании микросхем в полупроводниковой промышленности и производстве микродатчиков в аэрокосмической промышленности. Внедрение автоматизированных сварочных систем позволит дополнительно повысить эффективность производства.

10.3 Рынок и политика в отношении церий-вольфрамовых электродов

Рост рыночного спроса и изменения в политической среде окажут существенное влияние на будущее развитие церий-вольфрамовых электродов. Прогнозы мирового рынка, экологическая политика и тенденции международной торговли откроют новые возможности и вызовы для электродной промышленности.

10.3.1 Прогноз спроса на мировом рынке

Предыстория рынка

Рыночный спрос на церий-вольфрамовые электроды обусловлен развитием мирового производства, переходом на новые источники энергии и развитием новых отраслей. Стремительный рост аэрокосмической, автомобильной, новой энергетики и полупроводниковой промышленности будет способствовать дальнейшему росту спроса на электроды.

Тенденция развития

Азиатский рынок: Модернизация производства и инвестиции в новые энергетические проекты в таких странах Азии, как Китай и Индия, будут стимулировать спрос на церий-вольфрамовые электроды. Будучи крупнейшей в мире страной по запасам вольфрама, Китай продолжит доминировать в производстве и экспорте электродов.

Североамериканский рынок: Развитие аэрокосмической и электромобильной промышленности увеличит спрос на высокопроизводительные церий-вольфрамовые электроды, а строгое соблюдение стандарта AWS A5.12 будет способствовать нормализации рынка.

Европейский рынок: Экологические нормы и стремление к экологичному производству увеличат спрос на церий-вольфрамовые электроды с низкой радиоактивностью, а обновления стандарта EN 26848 дополнительно урегулируют рынок.

Развивающиеся рынки: Индустриализация в Африке и Южной Америке создаст новые точки роста спроса, особенно в секторах энергетики и инфраструктуры.

Сегментация отрасли: спрос со стороны новых отраслей энергетики (фотоэлектрических, ветроэнергетических), полупроводниковой и медицинской промышленности будет стимулировать рост рынка электродов, изготавливаемых по индивидуальному заказу.

Потенциальное воздействие

Расширение рынка: Ожидается, что мировой рынок церий-вольфрамовых электродов сохранит среднегодовой темп роста на уровне 5–7 % в течение следующих десяти лет.

Региональная конкуренция: ценовое преимущество китайских компаний и технологические

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

преимущества североамериканских и европейских компаний обострят рыночную конкуренцию.

Оптимизация цепочки поставок: региональное распределение рыночного спроса будет способствовать локализации цепочки поставок.

Перспективы применения

Церий-вольфрамовые электроды сохраняют важную позицию в мировой обрабатывающей промышленности, китайский рынок выиграет от быстрого роста новой энергетической и полупроводниковой промышленности, а рынки Северной Америки и Европы сосредоточатся на применении высокопроизводительных электродов.

10.3.2 Влияние политики охраны окружающей среды на отрасль

Политическая подоплека

Глобальные экологические нормы (такие как регламент ЕС REACH и Закон Китая об охране окружающей среды) предъявляют более высокие требования к охране окружающей среды и безопасности к обрабатывающей промышленности. Производство церий-вольфрамовых электродов включает добычу вольфрамовой руды, порошковую металлургию и химическую переработку, и требует адаптации к тенденциям экологичного производства.

Тенденция развития

Требования к переработке отходов: политика потребует от производителей электродов увеличить уровень переработки лома (например, >90%), сократить отходы оксида вольфрама и церия, а также уменьшить загрязнение окружающей среды.

Низкоэнергетическое производство: поощрять использование низкоэнергетических технологий, таких как микроволновое спекание и плазменное спекание, для сокращения выбросов углерода в процессе производства.

Контроль радиоактивности: улучшение обнаружения радиоактивности электродов для обеспечения ее соответствия пороговым значениям безопасности и требованиям безопасности в аэрокосмической и медицинской промышленности.

Экологичная упаковка: требует использования перерабатываемых или биоразлагаемых упаковочных материалов, сокращения использования пластика и соответствия экологическим стандартам ЕС.

Сертификация по углеродному следу: в будущем компаниям необходимо будет предоставлять отчеты по углеродному следу в процессе производства электродов и получать экологический сертификат для выхода на строгий рынок.

Потенциальное воздействие

Рост издержек: Соблюдение экологических норм приведет к увеличению издержек производства, а способность МСП адаптироваться к ним может быть ограничена.

Доступ на рынок: электроды, соответствующие требованиям экологической политики, легче вывести на рынки Европы и Северной Америки.

Технологическая модернизация: зеленая политика будет способствовать внедрению энергосберегающих технологий и технологий переработки отходов.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности

Перспективы применения

Политика защиты окружающей среды будет способствовать переходу производства церий-вольфрамовых электродов на экологически чистые технологии, и такие электроды будут более широко использоваться в новых отраслях энергетики и медицины. Предприятиям необходимо повысить свою конкурентоспособность на рынке за счет модернизации технологий и соответствия требованиям сертификации.

10.3.3 Тенденции международной торговли и цепочек поставок

Предыстория рынка

Международная торговля церий-вольфрамовыми электродами зависит от мирового распределения ресурсов вольфрама, производственного спроса и торговой политики. Китай, будучи крупнейшим в мире производителем вольфрама, доминирует в цепочке поставок электродов, однако геополитические и торговые барьеры могут создавать трудности.

Тенденция развития

Диверсификация цепочек поставок: Чтобы справиться с торговыми рисками, североамериканские и европейские компании будут стремиться диверсифицировать свои цепочки поставок, например, разрабатывая месторождения вольфрама в Австралии и Канаде.
Локализация производства: Рынки Европы и Северной Америки будут способствовать локализации производства электродов, снижая зависимость от азиатского импорта и повышая стабильность цепочки поставок.

Влияние торгового соглашения: Региональные торговые соглашения (например, ВРЭП, КТПЗ) будут способствовать торговле электродами на азиатских рынках и снижению тарифных барьеров.

Цифровая цепочка поставок: используйте технологию блокчейн для отслеживания источника сырья для электродов и процесса производства, чтобы повысить прозрачность и прослеживаемость цепочки поставок.

Требования зеленой торговли: Механизм регулирования пограничных выбросов углерода ЕС (СВАМ) потребует, чтобы импортируемые электроды соответствовали стандартам выбросов углерода, а также будет способствовать популяризации технологий зеленого производства.

Потенциальное воздействие

Усиление рыночной конкуренции: Диверсификация цепочки поставок усилит конкуренцию на мировом рынке, а ценовое преимущество китайских компаний может ослабнуть.

Торговые барьеры: Геополитические и экологические требования могут ограничивать экспорт электродов, и эти проблемы необходимо решать с помощью сертификации.

Синергия технологий: цифровые цепочки поставок будут способствовать глобальному техническому сотрудничеству и повышению качества электродов.

Перспективы применения

Тенденции международной торговли и цепочек поставок будут способствовать глобализации, экологизации и цифровизации отрасли производства церий-вольфрамовых электродов. Китайским компаниям необходимо поддерживать конкурентное преимущество за счёт

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

модернизации технологий и получения экологически чистых сертификатов, в то время как североамериканские и европейские компании могут удовлетворить рыночный спрос за счёт локализации производства.



Приложение

А. Глоссарий

Церий-вольфрамовый электрод: нерадиоактивный электрод, легированный 2–4 % оксида церия на основе вольфрама и используемый при сварке TIG и других процессах.

Функция выхода электронов: минимальное количество энергии, необходимое для выхода электронов с поверхности материала, влияющее на характеристики дуги электрода.

Эффективность зажигания дуги: способность электрода образовывать стабильную дугу при низких токах.

дуги : дуга сохраняет непрерывную и неколебательную характеристику в процессе сварки.

Скорость выгорания: Скорость потери массы электрода из-за высоких потерь температуры в процессе сварки.

Порошковая металлургия: технология получения металлических материалов путем смешивания порошков, прессования и спекания.

Сварка TIG (сварка вольфрамовым электродом в среде инертного газа): вольфрам-аргон дуговая сварка с использованием инертного газа.

Оксид церия (CeO₂): добавка оксида редкоземельного металла, улучшающая

[Заявление об авторских правах и юридической ответственности](#)

характеристики вольфрамовых электродов.

Плазменно-дуговая сварка: процесс, в котором для высокоточной сварки используются высокотемпературные плазменные дуги.

Микроструктура : структурные характеристики материала, такие как распределение зерен и фаз, наблюдаемые под микроскопом.

ISO 6848: Стандарт для Классификация и технические требования к вольфрамовым электродам, разработанные Международной организацией по стандартизации.

AWS A5.12: А стандарт спецификации для вольфрамовых электродов, разработанный Американским обществом сварки.

СЭМ (сканирующий электронный микроскоп): А сканирующий электронный микроскоп, используемый для анализа морфологии поверхности и микроструктуры материалов.

ICP -MS (масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой): масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой для элементного анализа.

Спекание : процесс нагревания порошка при высоких температурах для преобразования его в плотный материал.

Б. Ссылки

- [1] Международная организация по стандартизации. (2004). ISO 6848: Дуговая сварка и резка — Неплавящиеся вольфрамовые электроды — Классификация. Женева: ISO. [2] Американское общество сварки. (2009). AWS A5.12: Технические условия на вольфрамовые и окисно-дисперсные вольфрамовые электроды для дуговой сварки и резки. Майами: AWS. [3] Европейский комитет по стандартизации. (1991). EN 26848: Вольфрамовые электроды для дуговой сварки в среде инертного газа, а также для плазменной резки и сварки. Брюссель: CEN. [4] Национальный технический комитет по стандартизации. (2015). GB/T 4192: Вольфрамовые электроды для дуговой сварки, плазменной сварки и резки в среде инертного газа. Пекин: China Standard Press. [5] Китайская федерация машиностроительной промышленности. (2017). JB/T 12706: Вольфрамовый электрод для сварки. Пекин: China Standard Press. [6] Чжан Вэй, Лю Цзюнь. (2018). Прогресс в исследовании материалов вольфрамовых электродов для сварки TIG. Труды Китайского журнала материаловедения и машиностроения, 36(4), 215–223. [7] Ван Синь, Ли Хуэй. (2020). Применение технологии нанолегирования при разработке церий-вольфрамовых электродов. Обзор сварочных технологий, 42(3), 87–94. [8] Ассоциация вольфрамовой промышленности Китая. (2022). Ежегодный отчет о производстве вольфрамовых электродов и тенденциях рынка. Пекин: Ассоциация вольфрамовой промышленности Китая.

Заявление об авторских правах и юридической ответственности