

Аннотация проекта (ПНИЭР), выполняемого в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

Номер соглашения о предоставлении субсидии (государственного контракта)
14.607.21.0035

Название проекта

Разработка нового токоподводящего анодного узла электролизёра Содерберга
ОАО РУСАЛ Красноярск

Тематическое направление

Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика

Исполнитель

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук

Цели и задачи исследования

1. Цель проекта: разработка нового анодного токоподводящего штыря (АТШ) с коррозионностойким защитным покрытием в составе анодного узла электролизёра Содерберга ОАО «РУСАЛ Красноярск».

2. Задачи проекта:

2.1 Разработка технологических основ процесса нанесения защитного коррозионностойкого покрытия на основе алюминия на стальные токоподводящие штыри, используемые в составе анодного узла электролизёра Содерберга «ОАО РУСАЛ Красноярск»;

2.2 Разработка установки для дистанционного контроля коррозионного износа АТШ;

2.3 Разработка установки по нанесению защитного покрытия на АТШ; изготовление экспериментальных штырей с защитным покрытием и их испытание в корпусе электролиза №4 «ОАО РУСАЛ Красноярск».

Актуальность и новизна исследования

В настоящее время интенсивная коррозия анодных токоподводящих штырей (АТШ), изготовленных из стали СтЗсп, приводит к значительному снижению технико-экономических показателей процесса электролитического получения алюминия на предприятиях ОК РУСАЛ. Применение защитного коррозионностойкого покрытия для защиты АТШ позволит снизить энергозатраты процесса электролиза и повысить чистоту получаемого алюминия за счёт стабильно высокой электропроводности АТШ и снижения концентрации примеси железа в аноде электролизёра Содерберга соответственно.

Описание исследования

Процесс разработки экспериментального АТШ с защитным покрытием включал следующие этапы:

1. Выбор типа защитного покрытия и возможных способов его нанесения.

2. Проведение лабораторных исследований образцов стали СтЗсп с нанесённым покрытием, включая:

- исследование окалиностойкости на воздухе (метод термогравиметрии);
- измерение контактного сопротивления поверхности образцов стали СтЗсп с покрытием в среде спечённой анодной массы (анода Содерберга) при температуре 900 °С по разработанной методике. Условия исследований соответствуют условиям эксплуатации промышленных АТШ электролизёра «Содерберга» С8-БМ (по требованию индустриального партнёра).
- исследование морфологии и структуры приповерхностного слоя образцов стали СтЗсп с покрытием до и после коррозионного теста в контакте с анодной массой; выбор условий нанесения покрытия по результатам исследований.

Для проведения испытаний АТШ с покрытием в промышленном электролизёре С8-БМ разработана установка дистанционного контроля коррозионного износа анодных токоподводящих штырей, принцип действия которой основан на фотограмметрии и включает в себя получение цифрового изображения объекта, его математическую обработку, распознавание и расчет геометрических размеров объекта. Установка смонтирована на мостовой кран НКМ Noell в корпусе электролиза в корпусе №4 ОАО РУСАЛ Красноярск.

В ходе испытаний алитированных АТШ в составе анодного узла электролизёра Содерберга С8-БМ определяли величину токовой нагрузки на штырях с покрытием и штырях-свидетелях (без защитного покрытия) и рассчитывали величину электропроводности по разработанной методике. Величину коррозионного износа экспериментальных штырей и штырей-свидетелей рассчитывали по уменьшению длины и диаметра штыря; прогноз ресурса штыря осуществляли в соответствии с заданными критериями предельного износа (по требованию индустриального партнёра).

Результаты исследования

Разработан способ нанесения алюминидного покрытия (алитирования) на анодные токоподводящие штыри (АТШ) с применением фторидного флюса, обеспечивающего повышение скорости процесса нанесения и качества покрытия. Способ обеспечивает повышение стойкости низкоуглеродистой стали к окислению в условиях высоких температур на воздухе и в серосодержащей атмосфере. Удельное увеличение массы алитированных образцов при 900°С не превышает 4 мг/см² в течение 6 ч и 7 мг/см² - в течение 30 ч (для стали без защитного покрытия - более 15 мг/см² за 6 ч).

С помощью разработанной экспериментальной установки на поверхность типовых штырей нанесено защитное алюминидное покрытие. Длина обработанной конусной части АТШ составляет не менее 1080 мм; толщина покрытия - от 500 до 600 мкм с содержанием алюминия 55±10 мас.%.

Для проведения испытаний алитированных АТШ в составе анодного узла электролизёра С8-БМ (корпус №4 ОАО РУСАЛ Красноярск) разработана установка дистанционного контроля коррозионного износа штырей. Установка обеспечивает размещение штырей в анод на заданный уровень (горизонт) с

точностью ± 5 мм и бесконтактное измерение длины и диаметра штыря с точностью $\pm 2,0$ мм. Эффект от применения установки заключается также в снижении неравномерности токовой нагрузки на штыри одного «горизонта» до $\pm 7\%$ (кроме угловых и торцевых штырей) и снижении падения напряжения в аноде более, чем на 50 мВ.

По результатам испытаний в промышленном электролизёре длительностью 200 суток установлены следующие характеристики экспериментальных АТШ с алюминидным покрытием:

- прочность на скручивание и разрыв - не хуже типового АТШ без защитного покрытия;
- чистота производимого алюминия - не хуже, чем при использовании типового АТШ;
- величина токовой нагрузки на алитированных штырях после 30 сут. испытаний оказалась на 10.4% выше по сравнению с типовыми штырями без покрытия;
- увеличение ресурса алитированных АТШ составляет 14.9 мес. по сравнению с типовыми штырями.

Практическая значимость исследования

Применение алюминидного покрытия для защиты АТШ позволит снизить материалоёмкость и повысить энергоэффективность технологии электролитического получения алюминия в электролизёрах Содерберга за счёт повышения срока службы штырей и снижения потерь электроэнергии в анодном узле.

Возможными потребителями ожидаемых результатов являются предприятия ОК РУСАЛ и другие предприятия - производители первичного алюминия (в том числе - зарубежные).