

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ПОЛИРОВКИ ПРИ ДЕЗАКТИВАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ

¹Каменев А.Я., д.ф.-м.н. ²Куликов И.С., ¹Климова Л.А.,
к.ф.-м.н. ³Ширвель П.И., ³Глембоцкий А.В.

¹ГНУ "Объединенный институт энергетических и ядерных исследований -
Сосны" НАН Беларуси, Минск

²Смоленский государственный университет, Россия

³Белорусский национальный технический университет, Минск

В настоящее время для очистки, травления, электрополирования и дезактивации поверхности конструкционных материалов АЭС широко используются различные химически активные растворы и композиции, часто включающие агрессивные коррозионно опасные, летучие, ядовитые, горючие компоненты, в том числе на основе смесей сильных кислот.

В качестве альтернативы предложены слабые водные растворы нейтральных солей, в которых под воздействием электрического тока эффективно очищается поверхность черных, углеродистых, нержавеющей сталей и других материалов и которые легко самоочищаются от шлама и радионуклидов простым отстаиванием.

На основе экспериментальных исследований процесса очистки, полировки, дезактивации в растворах различного состава и исследований поверхности широкого круга материалов с использованием методов гравиметрии, металлографии и микроскопии, получены данные о влиянии состава сталей, их структуры, напряженного и деформированного состояния, сварки, при кратковременной (до 8 минут) и длительной обработке (до 600 минут) на чувствительность материалов к растрескиванию, питингообразованию, межкристаллитной коррозии. Обработка проводилась как с катода, так и с анода при напряжении на электродах до 350 В. Для экспериментов в обоих случаях выбирались U-образные образцы с заневоленными концами.

Исследования показали, что химический состав образцов имеет большее влияние на технологический процесс полирования, чем структура, деформация и механические напряжения. Сварной шов полируется также хорошо, как и основной металл. Установлено, что длительная полировка приводит к истончению деформированного и напряженного образца без его растрескивания и сохранения блестящей поверхности. Полировке и очистке поддаются даже изделия из фольги толщиной более 0,1 мм. Методом электролитно-плазменной полировки получены также качественные металлографические шлифы обработанных образцов. Приготовлены демонстрационные изделия с использованием старогодных деталей сильфонной арматуры, деталей манометров высокого давления, термодарных каналов и других изделий, используемых в ядерной энергетике. Найдены универсальные составы электролитов для полировки черных, нержавеющей сталей.

Электролитно-плазменная полировка

В основе электролитно-плазменной обработки лежит принцип использования импульсных электрических разрядов, которые происходят вдоль всей поверхности изделия, погруженного в электролит. Совместное воздействие на поверхность детали химически активной среды и электрических разрядов создает эффект полирования изделий. В технологии плазменно-электролитной полировки обрабатываемая деталь является анодом, к которому подводится положительный потенциал от источника тока. Площадь катода должна быть не менее чем в 5 раз больше площади анода. В

зависимости от приложенного напряжения при прохождении электрического тока через водный раствор электролита наблюдаются различные режимы электрических процессов вблизи анода [1]. После превышения некоторых критических величин плотностей тока и напряжения вокруг металлического анода образуется газо-плазменное облако, оттесняющее электролит от поверхности металла. При этом возникает многофазная система металл-плазма-газ-электролит, а явления, происходящие в приэлектродной области, не укладываются в рамки классической электрохимии.

При напряжении более 200 В вокруг анода образуется устойчивая пароплазменная оболочка, характеризующаяся малыми колебаниями тока при $U = \text{const}$. В этой области напряжений (200-350 В) происходит процесс электролитно-плазменной обработки. Плотность тока уменьшается до 0,5-1,0 А/см². Сплошная пароплазменная оболочка вокруг анода имеет толщину порядка 50 мкм и постоянно изменяет свою форму [2].

Электрический ток в прианодной области протекает от металлического анода к электролитному катоду через сложную систему металл-плазма-газ-электролит. Напряженность электрического поля в оболочке достигает 10^4 - 10^5 В/см. При температуре около 100 °С такая напряженность вызывает ионизацию паров, эмиссию ионов и электронов, необходимую для поддержания стационарного тлеющего электрического разряда в оболочке. Вблизи микровыступов напряженность электрического поля возрастает и на этих участках возникают импульсные искровые разряды [1].

В настоящее время методом электролитно-плазменной полировки производится обработка широкого класса металлов и сплавов: нержавеющей и черной стали, медь, латунь, алюминий, магний, титан, цирконий и др.

Применение электролитно-плазменной полировки при дезактивации поверхности нержавеющей и углеродистой стали

При работе АЭС образуются радиоактивные продукты коррозии, которые поступают в водный теплоноситель и откладываются на поверхности оборудования, входящего в состав циркуляционного контура и прочно с ней связываются. Вследствие этого оно становится радиоактивным, что затрудняет его обслуживание и ремонт. По этой причине радиоактивные отложения периодически удаляют, используя различные способы воздействия на них с целью разрушения [3].

Указанный метод электролитно-плазменной полировки пригоден для дезактивации и очистки поверхности оборудования АЭС, изготовленного из нержавеющей и черных сталей от фиксированных отложений и окалин с эффектом полировки.

Для осуществления процесса дезактивации к загрязненному изделию подключается положительный полюс источника тока повышенного напряжения, а отрицательный полюс прикладывается к металлической ванне, в которой находится электролит. При погружении изделия в электролит вокруг изделия образуется тонкая парогазовая подушка, а напряженность электрического поля резко возрастает до уровня, когда химические, ковалентные, металлические и другие связи разрушаются, возникают знакопеременные окислительно-восстановительные процессы, которые переводят элементы, находящиеся в поверхностном слое в соединения, легко отделяющиеся от поверхности.

Обработку ведут в электрогидродинамическом режиме в водном растворе сульфата аммония с добавкой А при температуре 70-85 °С и напряжении 250-350 В. Обработка проводится в течение 1-6 минут при плотности тока 0,1-0,2 А/см².

При таком способе дезактивации не используются концентрированные кислоты и хромовый ангидрид, а снятые с поверхности загрязнения переводятся в нерастворимые соединения (гидроокиси), выпадающие в осадок, вследствие чего количество радиоактивных отходов резко сокращается на один - два порядка. При этом, электролит весьма устойчив при длительном использовании, эффективен при низких плотностях тока (менее 0,2 А/см²), обладает свойством самоочищения путем отстоя.

Описанный метод дезактивации с помощью электролитно-плазменной полировки был опробован на старогодных деталях сифонной арматуры, деталях манометров высокого давления, термодинамических каналов и других изделий, используемых в ядерной энергетике. Для демонстрации представлен сифон (рисунок 1), который эксплуатировался в диссоциирующем теплоносителе в течение 5000 часов.



Рисунок 1. – Сифон до и после очистки

РЕЗЮМЕ

В работе описаны процесс электролитно-плазменной полировки и ее области применения. Авторы предлагают использовать метод электролитно-плазменной полировки для дезактивации и очистки поверхности оборудования АЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дураджи В. Н., Парсадзян А. С. Нагрев в электролитной плазме. – Кишинев: Штинца, 1988, – 213 с.
2. Куликов И.С., Ващенко С.В., Каменев А.Я. Электролитно-плазменная обработка материалов. – Мн.: Беларуская навука, 2010. –231.
3. Ампелогова Н.И., Симоновский Ю.М., Трапезников А.А. Дезактивация в ядерной энергетике. – М.: Энергоиздат, 1982. – 256 с.

SYMMARY

In the project process of electrolytic-plasma polishing and its field of application are described. The authors propose to use the method of electrolytic-plasma polishing for radiological recovery and cleaning of surface of equipment NPP.

E-mail: iskulikov@yandex.ru

Поступила в редакцию 24.08.2013