

насыщения преобразованными радиоактивными продуктами взаимодействия может быть скомпактирована термическим разложением, и захоронена в весьма компактном виде. В состав композиции входят из простых веществ: флокулянт, сорбент и химически активная добавка, которая синергетически воздействует на поверхность, доставляя к ней химически активное вещество и сорбируя продукты реакции. Вязкая композиция может быть использована при снятии оборудования АЭС с эксплуатации с целого дезактивации массивных изделий из нержавеющей стали перед переплавкой, а также другого оборудования и механизмов поверхностно загрязняющих радионуклидами.

Композиция состоит из недефицитных, легко утилизируемых, водорастворимых компонентов и легко приготавливается на месте использования. Испытания композиции в лабораторных условиях показали, что даже застарелая ржавчина разрушается и отделяется от поверхности стали в течении 15-20 минут. Композиция может быть использована для очистки сварных швов нержавеющей сталей от сварочных окисных пленок. Композиция не содержит вредных веществ.

В настоящее время на данный состав подана заявка на изобретение.

Состав композиции может быть модифицирован в зависимости от конкретной задачи. Композиция может использоваться в широком диапазоне температур.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Способ обработки поверхности с помощью очистного геля, его применение и очистной гель. Патент RU № 2291895 C2, (G21F 9 /00, C23G 1/14, 1/02, C11B 10/02)/ ФОР Сильвен (FR), ФУРНЕЛЬ Брюно (FR), ФУЭНТ Поль (FR), ЛАЛЛО Иван (FR); Бюл. №2, 2007 г. 2. Способ удаления радиоактивных загрязнений. Патент SU №1797387 A1 (G21F 9 /28)/ Рыбаков К.А., Ковалева В.Л., Тимофеев С.Н., Назарова В.В.; Заявитель(и): Всесоюзный научно-исследовательский институт неорганических материалов им. акад. Бочвара А.А.; Бюл. №4, 1997 г. 3. Седов В.М., Крутиков П.Г., Шишкунов В.Г. Физико-химические методы исследования внутриконтурных химических процессов в системах атомных энергетических установок.-Л.-1980.-ЦНИИ Атоминформ.- ВНИИПИ Энергетической технологии, С.5.

УДК 621.039.7

Куликов И.С., Каменев А.Я., Климова Л.А., Левчук А.В., Ширвель П.И.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ПОЛИРОВКИ В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

*ГНУ Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны НАН Беларуси,  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

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

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 обработки (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, термопарных 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/см<sup>2</sup>. 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 черная 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/см<sup>2</sup>.

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/см<sup>2</sup>), обладает свойством самоочищения путем отстоя.

Описанный метод дезактивации с помощью электролитно-плазменной полировки был опробован на старогодных деталях сильфонной арматуры, деталях манометров высокого давления, термopарных каналов и других изделий, используемых в ядерной энергетике. Для демонстрации представлен сильфон (рис. 1, 2.), который эксплуатировался в диссоциирующем теплоносителе в течение 5000 часов.

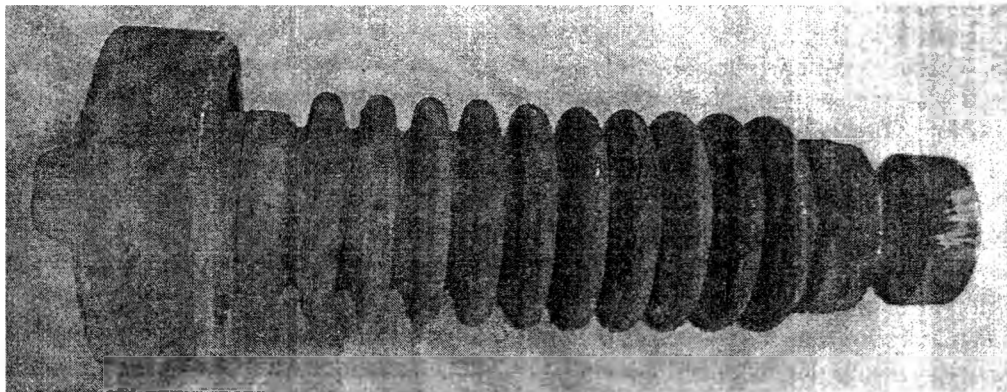


Рис. 1. – Сильфон до очистки

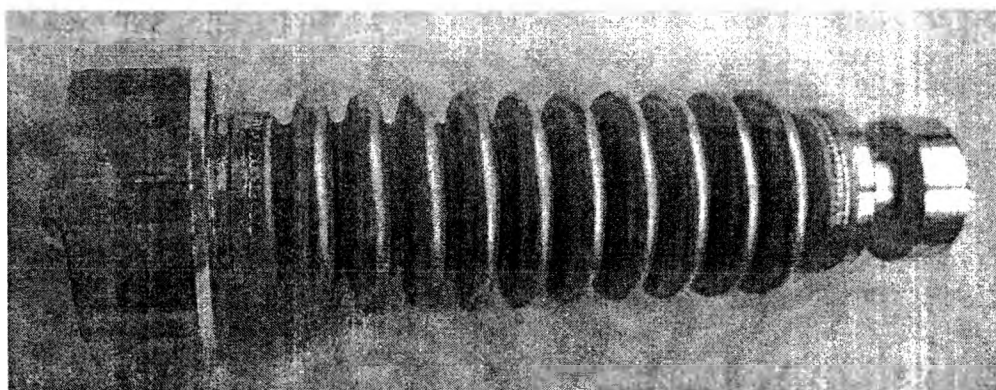


Рис. 2. – Сильфон после очистки

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дураджи В. Н., Парсаданян 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.