

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ ПЛАСТИН ПРИ НАГРЕВЕ*

П.А. Радченко, А.В. Радченко, В.Н. Брендаков, С.П. Батуев, И.П. Радченко

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия

Численно методом конечных элементов в трехмерной постановке исследуется напряженно-деформированное состояние и разрушение анодного блока среднетемпературного фторного электролизера в зависимости от температуры окружающего расплава. Моделирование проводится в рамках феноменологического подхода механики деформируемого твердого тела. Поведение металлических элементов анодного блока описывается упругопластической средой, в качестве критерия разрушения используется предельная величина интенсивности пластических деформаций. Коксовая пластина моделируется упруго-хрупкой средой, разрушение описывается тензорно-полиномиальным критерием, учитывающим различия в прочности кокса при сжатии и растяжении. Численное моделирование проводится с использованием авторского программного комплекса EFES 2.0. Исследовано влияние распределения пористости в коксовой пластине на ее разрушение.

Ключевые слова: коксовая пластина, напряжение, разрушение, модель, деформация, температура.

Введение

Одним из наиболее востребованных элементов во многих технологических процессах является фтор. Не только потому, что он используется в зубной пасте и бытовой химии. Это необходимый компонент в технологии разделения изотопов урана, при изготовлении ракетного топлива, для получения фторидов металлов и многое другое. В промышленных масштабах фтор получают путем электролиза расплавов кислых фторидов калия. Для обеспечения нормальных условий функционирования технологической линии по производству фтора необходимо соблюдать непрерывный режим работы электролизеров. Слабым местом в конструкции среднетемпературного электролизера традиционно считается коксовый (угольный) анод, на поверхности которого и образуется газообразный фтор. Имеется несколько причин, приводящих к уменьшению срока работы коксового анода. Наиболее существенными из них можно считать так называемый анодный эффект, когда наблюдается одновременный рост напряжения на электролизере и уменьшение силы тока, и тепловой эффект, при котором под действием высоких температур, более 100 °С, происходит разное реагирование на тепловое воздействие конструктивных элементов анодного блока, состоящих из различных материалов. Такие эффекты с высокой степенью вероятности могут приводить к разрушению анода и выводу электролизера из эксплуатации.

Долговечность анода зависит от качества используемых материалов и соблюдения всех этапов технологического процесса. В современном электрохимическом производстве фтора в качестве материала анодов используются пластины коксовые обожженные, изготавливаемые на основе нефтяного пиролизного кокса и каменноугольного пека. Технология их производства включает приготовление шихты, формование, два обжига с промежуточной пропиткой пеком [1].

Различным аспектам, влияющим на работоспособность угольного анода, посвящен ряд работ Ю.Н. Зусайлова и В.Я. Баденикова [2–5]. В [2] проведены исследования коррозионной стойкости угольных анодов и стальных образцов, имитирующих колокол, в лабораторном фторном электролизере на силу тока до 20 А. Работа [3] посвящена одной из основных проблем эксплуатации серийных фторных электролизеров разных конструкций – стабилизации качества материала анодов, качества технического фтора и оптимизации процесса электролиза. Показано, что разрушение анодов происходит в результате установки в один электролизер анодов с материалом разного качества. Механизм разрушения анодов в виде расколов и трещин коксовых пластин подобен разрушению образцов под действием тока в результате теплового удара (термического расширения). В [4, 5] отмечается, что эксплуатационные свойства и долговечность коксовых пластин определяются качеством исходного сырья, соблюдением технологических регламентов, однородностью распределения свойств по объему пластины.

* Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0002.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>