повышение коррозионной стойкости оболочек твэлов из стали ЭП823 в свинце с использованием лазерных и плазменных потоков излучения

В.М. Борисов1, В.Н. Трофимов1, А.Ю. Сапожков1, В.А. Кузьменко1, В.Б. Михайлов1, А.А. Якушкин1,2, В.Л. Якушин2, П.С. Джумаев2

1Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований, г. Троицк, Москва,
 Россия, liner@triniti.ru
2Московский инженерно-физический институт, г. Москва, Россия, rector@mephi.ru

В настоящее время идет работа по проекту принципиально нового реактора на быстрых нейтронах с жидкометаллическим (свинцовым) теплоносителем и естественной безопасностью — БРЕСТ-ОД-300. В качестве материала оболочек твэлов выбрана 12% хромистая ферритно-мартенситная сталь марки 16Х12МВСФБР-Ш (ЭП823-Ш). Физико-механические свойства этой стали удовлетворяют требованиям к эксплуатации в реакторе при оптимальных параметрах теплоносителя [1]. Однако, появление вблизи поверхности твэлов участков с повышенными концентрацией кислорода и температурой свинца приводит к значительному ускорению коррозионных процессов [2]. Таким образом, исследование возможностей улучшения характеристик поверхности оболочек твэлов актуально для повышения надежности и ресурса эксплуатации как реактора БРЕСТ-ОД-300, так и его последующих модификаций.

Одним из направлений улучшения характеристик поверхности оболочек твэлов является модифицирование посредством жидкофазного перемешивания стали с алюминием при использовании потоков высокотемпературной импульсной плазмы (ВТИП) или пучков электронов. Другим направлением является нанесение на поверхность оболочки твэла защитных слоев методом импульсного лазерного осаждения.

Основной целью представленной работы являлось исследование возможности повышения коррозионной стойкости оболочек твэлов из стали ЭП823 в свинце при температурах 650 ÷ 720 °С с использованием мощных импульсно-периодических потоков УФ лазерного излучения и ВТИП для формирования защитных слоев системы Al-O.

В работе установлено, что предварительная обработка поверхности импульсно-периодическим УФ лазерным излучением приводит к ее очистке от оксидов, снижению шероховатости и увеличению микротвердости, что способствует значительному повышению адгезии наносимых покрытий.

Показано, что импульсное лазерное осаждение слоя металлического алюминия с последующей его обработкой потоками ВТИП обеспечивает коррозионную защиту внешней поверхности оболочки твэла из стали ЭП823 в жидком свинце при температурах до 660 °С.

Предложены методы практически полного подавления коррозии оболочки твэла в жидком свинце, по крайней мере, до температуры 720 °С, которые заключаются в импульсном лазерном осаждении на поверхность стали двухслойного Al + Al2O3, композитного Al/Al2O3 или керамического Al2O3 покрытий. Для способов осаждения двухслойного и композитного покрытий повышение коррозионной стойкости обусловлено не только созданием защитного барьера в виде Al2O3, но и легированием поверхностных слоев стали алюминием.

Литература

1. Глазов А.Г., Леонов В.Н., Орлов В.В. и др. Реактор БРЕСТ и пристанционный ядерный цикл // Атомная энергия, 2007, Т. 103, № 1, с. 15-21.
2. Мещеринова И.А., Велюханов В.П., Зеленский В.П. и др. Моделирование влияния содержания кислорода в свинце на коррозию хромистых сталей // Физика и химия обработки материалов, 2005, № 4, с. 5-11.