

Ю.А. ГУРОВА^{1*}, А.Н. СУЧКОВ¹, Д.М. БАЧУРИНА¹, Н.С. ПОПОВ¹, О.Н. СЕВРЮКОВ¹, А.М. ЛИТНОВСКИЙ^{1,2}, Ш. ТАН^{2,3}

¹Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Россия

²Forschungszentrum Jülich, Германия

³Hefei University of Technology, Kumaï

*Violinarus@inbox.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ СПЛАВА-ПРИПОЯ TiZr4Be ДЛЯ ПАЙКИ САМОПАССИВИРУЮЩИХСЯ ВОЛЬФРАМОВЫХ СПЛАВОВ СО СТАЛЬЮ ДЛЯ ТЕРМОЯДЕРНОГО РЕАКТОРА DEMO

Термоядерный реактор DEMO (DEMOstration Power Plant) — это следующий шаг на пути к созданию промышленной термоядерной электростанции. Проекты DEMO разрабатываются во всем мире.

В каждой из разрабатываемых концепций предусматривается создание такого важного компонента, который является частью бланкета, как первая стенка (FW – First Wall), основная функция которой заключается в том, чтобы способствовать производству электроэнергии за счет преобразования тепловой энергии, получаемой благодаря потокам тепла из плазменного шнура. Все концепции подразумевают использование в качестве конструкционного материала стали ферритно-мартенситного класса с пониженной активацией, а материал, обращенный к плазме, будет вольфрам.

В случае аварии с потерей теплоносителя (LOCA) с одновременным попаданием воздуха в вакуумную камеру, происходит быстрое окисление вольфрама и выброс радиоактивных оксидов (WO₃) в атмосферу. Чтобы решить данную проблему ученые активно развивают создание умных сплавов, в состав которых кроме вольфрама будут входить такие легирующие элементы как иттрий, цирконий и хром. В случае аварии произойдет образование стабильной защитной пленки на поверхности материала при высоких температурах, которая будет предотвращать образование оксида.

При создании материала первой стенки возникает сложность при прямом соединении вольфрама (вольфрамового сплава) со сталью из-за большой разницы в коэффициенте теплового расширения (КТР). Для подавления разницы КТР обычно используются промежуточные прослойки, такие как ванадий или тантал, при этом высокотемпературная пайка является перспективной технологией. В настоящее время большинство работ посвящено припоям на основе меди и никеля, однако их применимость ограничена из-за высокой остаточной радиоактивности. Поэтому в данной работе был использован полностью малоактивируемый

припой 48Ti-48Zr-4Be мас.% (TiZr4Be). Температура плавления данного припоя позволяет совместить процессы пайки и термообработки сталей.

В работе проведена пайка вольфрамовых сплавов (WCrY и WCrZr) со сталями ферритно-мартенситного класса Rusfer, Eurofer, по режимам термообработки сталей (1100°C /60 мин +720°C /180 мин, 980°C /30 мин +750°C /90 мин) соответственно.

Паяные соединения Rusfer/Ta/SA и Eurofer/Ta/SA, полученные с использованием припоя TiZr4Be, характеризуются отсутствием трещин, несплошностей и пор. С помощью EDS анализа установлено структурно-фазовое состояние паяных швов Rusfer/ TiZr4Be /Ta и Eurofer/ TiZr4Be /Ta идентичны: в швах образуются твердые иглообразные фазы на основе тантала на фоне фаз, состоящих из компонентов припоя и соединяемых материалов.

В швах WCrY/ TiZr4Be /Ta и WCrZr/ TiZr4Be /Ta образуются фазы на основе Ti, также в шве WCrZr/ TiZr4Be /Ta происходит образование фаз на основе вольфрама.

Работа выполнена при поддержке Эндаумент Фонда НИЯУ МИФИ.