поверхностные и объемные повреждения опытных образцов теплозащитной вольфрамовой облицовки купола дивертора ИТЭР при плазменных нагрузках, характерных для ЭЛМов и срывов тока в ИТЭР

1Коваленко Д.В., 1Подковыров В.Л., 1Климов Н.С., 1Барсук В.А., 1Ярошевская А.Д., 1,2Сафронов В.М.

1Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований, г. Троицк,   
 г. Москва, Россия   
2Частное учреждение Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом»  
 «Проектный центр ИТЭР», г. Москва, Россия

В работе представлены результаты испытаний опытных образцов теплозащитной облицовки купола дивертора ИТЭР под действием мощных импульсных потоков плазмы, генерируемых квазистационарным плазменным ускорителем КСПУ-Т [1]. Образец состоял из 8 элементов размером 24,6 х 24,6 х 6 мм3 из поликристаллического вольфрама чистоты ≥99,95% с преимущественной ориентацией зерен перпендикулярно обращенной к плазме поверхности. Вольфрамовые элементы были припаяны бронзовым припоем к медному основанию толщиной 19 мм и располагались в два ряда по 4 элемента с зазором между соседними элементами примерно 1 мм. Толщина припоя составляла 2 мм. Полная площадь обращенной к плазме поверхности образца составляла 100 х 50 мм2. Облучение проводилось в двух режимах: в первом режиме угол между осью потока плазмы и поверхностью образцов α равнялся 30º, максимальная тепловая нагрузка на оси потока плазмы Qмакс = 1,5 МДж/м2, общее количество импульсов облучения N = 100, во втором режиме – α = 90º, Qмакс = 2,5 МДж/м2, N = 20. Характерная длительность плазменного воздействия в обоих режимах была ~1 мс. В качестве рабочего газа использовался дейтерий. Температура образцов перед каждым импульсом облучения поддерживалась на уровне 250 ºС.

В ходе испытаний образцы периодически вынимались из вакуумной камеры для проведения промежуточных исследований: проводились взвешивание образцов и обследование их поверхности с помощью оптической и электронной микроскопии. После полного цикла облучений проводились металлографические исследования срезов образцов, направленные на выявление структурных изменений и объемных повреждений как в материале защитного покрытия из вольфрама, так и в месте пайки вольфрама к медному основанию. В результате исследований получены данные о потерях массы образцов в зависимости от режима облучения и количества импульсов. Измерены характеристик трещин, как на поверхности, так и в объеме материала защитного покрытия.

Литература

1. Zhitlukhin A., Klimov N., Landman I., et al., J. Nucl. Mater. 2007. p. 363 – 365.