Защитное В4С покрытия для диверторных тайлов ИТЭР. Напыление, использование, удаление продуктов эрозии

Л.Б. Беграмбеков, А.А. Айрапетов,\*Э.А. Азизов, \*О.И. Бужинский, А.А. Гордеев, А.В. Грунин, А.М. Захаров, В.А. Курнаев, \*\*И.В. Мазуль, Я.А. Садовский

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
\*Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований «ТРИНИТИ»,
\*\*ОАО «НИИЭФА им Д.В. Ефремова»

Вольфрам выбран для изготовления контактирующих с плазмой элементов дивертора ИТЭР. Исследования последних лет показали, что плазменное излучение с высокой плотностью мощности инициирует образование трещин на поверхности вольфрама, формирование блистеров, флекинг, эмиссию макроскопических частиц с его поверхности и т.п. (см., например, [1,2]). Эти явления могут привести к ускоренному разрушению вольфрамовых тайлов дивертора ИТЭР. Было показано [3], что использование in situ возобновляемого защитного покрытия карбида бора может предохранить вольфрам от плазменного облучения и, таким образом, предотвратить развитие перечисленных выше явлений. Напускаемые в плазму пары нетоксичного, негорючего и невзрывоопасного карборана (C2B10H12) позволят производить напыление покрытия в процессе регулярного разряда ИТЭР.

В то же время, некоторые важные аспекты использования покрытия B4C в ИТЭР до сих пор не были исследованы. Это, в частности, условия и режимы напления покрытия B4C на вольфрам, способность покрытия выдерживать термоциклирования и облучения потоками ионов и электронов большой плотности мощности, метод удаления продуктов эрозии покрытия B4C из установки. Первые результаты исследования этих вопросов представлены в докладе

Эти эксперименты выявили важность нахождения режима нанесения, обеспечивающего стехиометрический состав покрытия. В докладе описывается специализированная автоматически управляемая установка, созданная для исследования режимов и условий напыления покрытия В4С и тестирования покрытий и материалов при облучении интенсивными потоками ионов и плазмы. Установка обеспечивает напыление покрытия со скоростью до 30 мкм/час на вольфрам, нагреваемый до 1000С. Материалы и покрытия могут тестироваться в установке при стационарном или импульсном облучении. Облучающий поток может быть сфокусирован на площадку в 100 мм2. При этом плотность мощность облучения составляет 40 NW/m2.

Литература

1. V.A.Makhlaj, I.E.Garkusha, N.N.Arsenov, et al. J.ofNucl.Mater. 438 (2013) S233-236
2. G.Putnik, Th.Loewehoff. J.ofNucl.Mater. 438 (2013) S945-S948
3. O.I.Buzhinskij, V.G.Otroschenko, D.G.Whyte et al., J. of Nucl. Mater. 313-316 (2003) 214