Свойства Керамики карБиДа бора, изготовленной различными методами, для использования в ИТЭР

1,2,3Шошин А.А., 1,2,3Бурдаков А.В., 1,2,3Иванцивский М. В., 1,2,3Клименко М.В., 1,2,3Полосаткин С.В.

1Институт ядерной физики СО РАН, Новосибирск  
2Новосибирский государственный университет, Новосибирск  
3Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск

Одной из функций диагностических порт-плагов токамака ИТЭР является нейтронная защита установленного в порту оборудования, а также снижение радиационного фона в районе элементов реактора, требующих доступа персонала для обслуживания. По спецификации ИТЭР, радиационный фон вблизи вакуумного фланца диагностического порта через 106 с после окончания работы должен составлять менее 100 мкЗв/ч, что требует ослабления первичного потока нейтронов из плазмы более чем в 107 раз.

Инженерные ограничения на полный вес порт-плага и объем воды в реакторе не позволяют использовать традиционную железо-водную защиту. Альтернативным материалом защиты является карбид бора. Благодаря малому атомному весу и высокому сечению поглощения тепловых нейтронов карбид бора может служить эффективным ослабителем потока как быстрых, так и тепловых нейтронов. Эффективность ослабления первичного потока 14-МэВных нейтронов на единицу массы для карбида бора в 2,7 раза превышает эффективность нержавеющей стали, а чрезвычайно высокое сечение захвата тепловых нейтронов изотопом 10B позволяет существенно уменьшить активацию элементов реактора замедленными нейтронами.

Свойства керамики на основе карбида бора существенно зависят от технологии ее изготовления. В связи с этим, для принятия решения о возможности применения определенного типа керамики в качестве материала нейтронной защиты в порт-плагах ИТЭР необходимо проведение измерений элементного состава и физических свойств керамики – теплопроводности, проводимости и газоотделения в вакууме.

В рамках работы были проведены исследования керамики на основе карбида бора, изготавливаемой на российских предприятиях. Образцы керамики были представлены ООО «Вириал» (г. Санкт-Петербург), АО «НЭВЗ-Керамикс» (г. Новосибирск), ООО Изомед (г. Москва). Были исследованы горячепрессованный, реакционноспеченный, спеченный карбид бора, а также исходный порошок с различным размером зерна.

Элементный состав образцов и содержание примесей были исследованы с помощью электронного сканирующего микроскопа Jeol с энергодисперсионной приставкой и по величине ослабления рентгеновского излучения в образцах. Кроме того, были проведены измерения газоотделения в вакуум и масс-спектра выделяемых остаточных газов и контактной теплопроводности тепловых переходов керамика-керамика и керамика-нержавеющая сталь.

Обнаружено, что в горячепрессованном и спеченном карбиде бора примеси составляют не более 1%, в реакционноспеченном карбиде бора содержание примесей может достигать 10-15% (в основном кремния либо кислорода в разных типах керамики).