

DOI: 10.34854/ICPAF.52.2025.1.1.252

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ БЕРИЛЛИЯ ПРИ ПЛАЗМЕННЫХ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗКАХ, ХАРАКТЕРНЫХ ДЛЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ИТЭР

¹Куприянов И.Б., ¹Савельев М.Д., ¹Коробейников Д.А., ²Подковыров В.Л.,
³Ефимов В.С., ³Гаспарян Ю.М., ⁴Путрик А.Б.

¹*Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов им. А.А. Бочвара, г. Москва, Россия*

²*Троицкий научно-исследовательский институт инновационных технологий, г. Москва, округ Троицк, Россия*

³*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия*

⁴*ЧУ ГК «Росатом» «Проектный Центр ИТЭР», г. Москва, Россия*

До последнего времени бериллий рассматривался в качестве основного материала облицовки первой стенки ИТЭР и некоторых других перспективных термоядерных установок. Основными преимуществами при выборе бериллия, как материала контактирующего с плазмой, являются его низкий атомный номер, высокие сродство к кислороду и теплопроводность, достаточно высокие механические свойства, а также относительно высокая температура плавления.

Во время горения плазмы в ИТЭР на материалы, контактирующие с плазмой, будут воздействовать высокие переходные тепловые нагрузки, такие как ELM (краевая локальная мода), срывы плазмы, VDE (вертикальное смещение плазмы) и т. п. Эти переходные импульсные нагрузки вызывают быстрый нагрев поверхности контактирующих с плазмой материалов, и могут привести к значительным изменениям в поверхностных и приповерхностных областях, таких как потеря массы материала, оплавление, растрескивание, испарение и образование бериллиевой пыли, а также удержание изотопов водорода как в облицовке, так и в пыли.

В данной статье представлены результаты экспериментов, выполненных в АО ВНИИНМ на установке КСПУ-Ве, по исследованию повреждения поверхности образцов теплозащитной облицовки из бериллия при облучении импульсными потоками дейтериевой плазмы, имитирующими воздействия срывов тока плазмы в ИТЭР. Установка КСПУ-Ве представляет собой одностадийный коаксиальный квазистационарный плазменный ускоритель. Она способна обеспечить плазменные (водородные или дейтериевые) и радиационные тепловые нагрузки на поверхности мишени, имитирующие ELM, срывы плазмы и смягченные срывы, ожидаемые в ИТЭР.

Макеты теплозащитной облицовки, изготовленные из бериллия марки ТПП-56ПС, размером $80 \times 80 \times 8$ мм³ были подвергнуты воздействию 5 серий испытаний из 1, 3, 10, 30 и 100 выстрелов в потоках дейтериевой плазмы (6 см в диаметре) с длительностью импульса 0,5 мс при тепловой нагрузке 1,1 МДж/м². Угол между потоком плазмы и поверхностью макета составлял 90°. Представлены результаты исследования эрозии, характера и степени повреждения поверхности теплозащитной облицовки из бериллия ТПП-56ПС, а также накопления дейтерия в облицовке, в зависимости от количества импульсов. Результаты исследования осажденных продуктов эрозии бериллия (морфологии, размера, скорости роста) в виде пыли и пленок при условиях, имитирующих срывы тока плазмы в ИТЭР, также будут представлены.