ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПАЙКИ БЕРИЛЛИЕВОЙ ОБЛИЦОВКИ НА ЭЛЕМЕНТЫ ПАНЕЛИ ПЕРВОЙ СТЕНКИ РЕАКТОРА ИТЭР [[1]](#footnote-1)\*)

Бобров С.В., Герваш А.А., Глазунов Д.А., Мамбеткеримов Д.С., Огурский А.Ю., Пискарёв П.Ю., Рузанов В.В.

АО «НИИЭФА», Санкт-Петербург, Россия, [glazunov@niiefa.spb.su](mailto:glazunov@niiefa.spb.su)

Панель первой стенки (ППС) реактора ИТЭР представляет собой многослойную конструкцию с каналами водяного охлаждения и является одной из самых энергонапряжённых систем реактора. ППС состоит из массивного основания из нержавеющий стали, на которое крепятся обращенные к плазме элементы (ОПЭ), соединённые в спарки и облицованные бериллиевыми плитками.

При изготовлении ОПЭ используются такие технологии как прецизионная механическая обработка, диффузионная сварка при помощи горячего изостатического прессования (ГИП) стали 316L(N)-IG и бронзы CuCrZr, лазерная и орбитальная сварка, неразрушающий контроль сварных швов – визуальный, капиллярный, радиографический, пайка бериллиевой облицовки с последующим ультразвуковым контролем качества паяного слоя. Готовые ОПЭ проходят термоциклические испытания, имитирующие тепловое воздействие плазмы – 1000 циклов нагружения на мощности 4,7 МВт/м2 длительностью 30 секунд каждый, выполняются статические гидравлические испытания – выдержка при давлении 7,15 МПа в течение 30 минут, гидравлические испытания потоком жидкости с целью определения заблокированных каналов, вакуумные испытания с контролем герметичности при внутреннем давлении гелия до 4 МПа; допустимая скорость утечки гелия не должна превышать 1·10-10Па·м3/с при комнатной температуре и 5·10-10Па·м3/с при 250°С.

Одной из самых технологически сложных операций при изготовлении ОПЭ является быстрая пайка бериллиевой облицовки на бронзовый теплоотводящий слой при помощи медного низкотемпературного аморфного ленточного припоя, разработанного специально для этих целей в ООО «МИФИ-АМЕТО». Пайка осуществляется в вакуумной камере при помощи индукционного нагрева медным водоохлаждаемым индуктором.

В период с 2021 по 2022 год выполнена пайка бериллиевой облицовки на 50 ОПЭ, 40 из которых в дальнейшем будут использованы для изготовления полномасштабного прототипа ППС с целью прохождения квалификационных испытаний в рамках подготовки к серийному производству ППС. В настоящий момент работы по изготовлению прототипа ППС находятся в завершающей стадии. В процессе выполнения работы раскрыты и обсуждены ключевые вопросы процесса пайки, представлен план дальнейших работ с использованием данной технологии.

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/L/E/en/IR-Glazunov_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)