

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Савушкиной Светланы Вячеславовны «Механизмы формирования и свойства коррозионностойких и теплозащитных покрытий на основе оксидов циркония, гафния и алюминия, получаемых в плазменных процессах синтеза в вакууме и электролитах», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Переход на новые улучшенные материалы в атомной энергетике открывает возможность повышения надёжности и долговечности работы ядерных реакторов различных типов. В частности, разработка новых составов и структур покрытий оксидных тугоплавких систем на циркониевых сплавах будет способствовать повышению их коррозионной и термической стойкости. Поэтому работа, представленная соискателем, является весьма актуальной.

Автором разработаны методы формирования наноструктурированных покрытий на основе тугоплавких оксидов различными способами, включающими плазменное напыление сверхзвуковой струёй градиентных покрытий на основе системы  $ZrO_2-Y_2O_3-HfO_2$  и жаропрочного сплава и микродуговом оксидировании (МДО) циркониевых материалов для формирования покрытий на основе системы  $ZrO_2-Y_2O_3-SiO_2$  на циркониевом сплаве и на основе оксида алюминия на спечённом сплаве алюминия. Обнаружено прямое влияние малого количества ниобия на скорость роста покрытия, нанесённого на сплав циркония методом МДО. Установлено, что при МДО с добавкой наночастиц оксида иттрия в электролиты происходит формирование твёрдого раствора  $ZrO_2-Y_2O_3$  со стабильной тетрагональной фазой. Автором найдены и экспериментально обоснованы закономерности так называемой «структурно-наследственной» связи в процессе получения МДО покрытия из оксида алюминия на алюминиевом порошковом композите, заключающиеся в замедлении роста напряжения на начальном этапе МДО, более позднем формировании  $\alpha-Al_2O_3$ , наличии градиентной структуры покрытий с металло-керамическими слоями, что подтверждено ядерно-физическими методами исследований. В части плазменного метода нанесения покрытий  $ZrO_2-Y_2O_3-HfO_2$  сверхзвуковой струёй обнаружено, что на подложке формируется материал, соответствующий среднеэнтропийным оксидам.

Практическая значимость работы подтверждается прежде всего разработанными способами нанесения покрытий, которые защищены патентами, а результаты работы используются в такой значимой отраслевой организации как АО ГНЦ «Центр Келдыша», а также в учебном процессе МАИ (НИУ).

Замечание по автореферату. На рис. 22б в автореферате приведены 2 спектра ядерного обратного рассеяния протонов – один сплошной линией, другой точками. Однако, в подписях к рисунку нет пояснения, чем они отличаются.

Замечание не влияет на общую высокую оценку диссертации, которая является законченным научным исследованием по актуальной теме, обладает существенной новизной и практической значимостью и удовлетворяет всем требованиям ВАК, а соискатель является сложившимся научным исследователем и заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Доктор физико-математических наук, профессор кафедры Общей Физики и Ядерного Синтеза ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ».

Адрес: 111250, Россия, г. Москва, Красноказарменная улица, дом 14, стр. 1.

Телефон: +7 495 362-75-14

Email: v.af@mail.ru

Афанасьев Виктор Петрович,

Адрес организации: ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ».111250, Россия, г. Москва, Красноказарменная улица, дом 14, стр. 1. Телефон: +7 495 362-75-60. Email: [universe@mpei.ac.ru](mailto:universe@mpei.ac.ru)

Подпись Афанасьева Виктора Петровича заверяю

