

ОТЗЫВ

научного консультанта о диссертационной работе Чакина Владимира Павловича на тему: «Эволюция микроструктуры и физико-механических свойств бериллия при высокодозном нейтронном облучении», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Чакин Владимир Павлович в 1981 году окончил Московский инженерно-физический институт (МИФИ) по специальности «Металловедение и металлофизика» и начал трудовую деятельность в НИИ атомных реакторов (НИИАР), Димитровград, где стал специалистом по радиационному материаловедению и физике радиационных повреждений твердого тела. В 1992 году окончил аспирантуру при Ульяновском государственном университете (УлГУ) и в 1996 году решением диссертационного совета Института металлургии им. А.А. Байкова (ИМЕТ РАН) ему была присуждена ученая степень кандидата технических наук по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов» по результатам защиты диссертации «Радиационное охрупчивание низколегированных сплавов хрома и сплавов хром-железо при нейтронном облучении». В период с 2007 по 2010 годы он обучался в докторантуре УлГУ по теме исследований радиационного повреждения бериллия. С 2007 года временно работает в Институте технологии Карлсруэ в Отделе физики прикладных материалов, Германия в качестве научного специалиста в области разработки и исследований перспективных материалов термоядерного реактора. С 1997 года и по настоящее время Чакин В.П. занимается исследованиями влияния нейтронного облучения на структуру и физико-механические свойства бериллия, который широко используется в качестве замедлителя и отражателя нейтронов ядерных реакторов и планируется к использованию как нейтронный размножитель бридерного blankets термоядерного реактора будущего. Чакин В.П. внес значительный вклад в развитие бериллиевой тематики в мире, за что в 2015 году ему была вручена Премия памяти профессора Марио Далле Донне (Prof. Mario Dalle Donne Memorial Award (MDDMA)), основанная в 2013 году. Он стал вторым в истории лауреатом этой премии, которая вручается каждые два года ведущим специалистам по исследованиям бериллия.

К началу выполнения работы экспериментальных данных по радиационной повреждаемости бериллия было явно недостаточно, особенно в свете серьезных проблем, которые проявились в процессе накопления опыта эксплуатации бериллиевых блоков в ядерных реакторах в 60-90-х годах. Имеющиеся результаты, обобщенные в монографии Серняева Г.А., практически не включают данных по исследованию состояния бериллия после облучения до высоких нейтронных доз, что имеет принципиальное значение с точки зрения обоснования ресурса бериллиевых изделий в реакторе. Также в ней отсутствуют результаты, полученные на современных марках бериллия с улучшенными технологическими свойствами, в частности, на бериллиевых минисферах диаметром 1 мм, которые будут использованы в термоядерном реакторе, а также модели, описывающие связь радиационно-индуцированных изменений физико-механических свойств бериллия с

характеристиками микроструктурных изменений в свете современных представлений физики радиационных повреждений твердого тела.

Автор диссертации своими исследованиями в значительной степени закрыл это наметившееся белое пятно и впервые провел подробные и систематические исследования микроструктуры и ряда физико-механических свойств современных марок бериллия российского и западного производства после облучения в широких интервалах температур и флюенсов нейтронов, в том числе в области флюенсов $(6-16) \cdot 10^{22} \text{ см}^{-2}$ ($E > 0,1 \text{ МэВ}$), что в разы превосходит ресурсный флюенс нейтронов для ядерных реакторов. В работе впервые получены основные закономерности изменения микроструктуры бериллия в зависимости от параметров его облучения бериллия, в частности установлены температурные интервалы существования дислокационных петель и газовых пор, вакансионная и междоузельная природа дислокационных петель, определены кристаллографические плоскости залегания дислокационных петель и газовых пор, образующихся в бериллии при нейтронном облучении. Большой вклад в обоснование безопасной эксплуатации будущего термоядерного реактора вносят впервые проведенные в таком объеме и тематической направленности исследования термической десорбции трития и гелия, образующихся в бериллии в большом количестве при нейтронном облучении. Установлены основные закономерности термической десорбции трития и гелия из облученного бериллия, а также положительное влияние на повышение эффективности выхода трития предварительной деформации бериллиевых минисфер. Разработана физическая модель выхода трития, учитывающая параметры микроструктуры бериллия и условия испытания. Впервые обнаружено явление радиационного роста бериллия, известное до этого лишь для циркония, и установлено, что радиационный рост наряду с анизотропным распуханием вносит вклад в радиационное изменение размеров бериллиевого образца или изделия при низкотемпературном облучении. Впервые в работе получены зависимости изменения теплопроводности бериллия от температуры облучения и флюенса нейтронов, до этого эффект влияния облучения на теплопроводность бериллия был неизвестен. Автор работы восполнил этот недостаток, кроме того построил модель радиационной эволюции изменения теплопроводности бериллия в зависимости от параметров микроструктуры облученного бериллия. Впервые получен обширный комплекс результатов по влиянию нейтронного облучения на изменение кратковременных и длительных механических свойств бериллия, выявлена связь этих изменений с параметрами образовавшихся под облучением радиационных дефектов и общей эволюцией микроструктуры. Установлено влияние текстурных особенностей бериллия на механические свойства бериллия, что имеет важное значение для анизотропных марок бериллия, которые широко используются для изготовления бериллиевых блоков. В конечном итоге, на основе полученных результатов в работе предложены способы увеличения ресурса бериллиевых изделий при эксплуатации в ядерном реакторе, получено три патента на изобретение. Все описанное выше определяет научную значимость выполненной работы.

По теме диссертации Чакиным В.П. опубликовано 46 научных работ, в том числе 34 статьи в рекомендованных ВАК и престижных зарубежных журналах и 4 патента на изобретение Российской Федерации. Результаты диссертационной работы опубликованы в

полной мере, а также были представлены, в основном, на зарубежных и некоторых российских конференциях.

Практическая значимость работы обусловлена возможностью применения результатов проведенных исследований для прогнозирования состояния и ресурса бериллиевых изделий в ядерном и термоядерном реакторах, что подтверждается наличием четырех патентов на изобретение по теме диссертации.

В целом, диссертация Чакина В.П. является законченным научным исследованием, несомненно обладает внутренним единством и цельностью, содержит новые оригинальные результаты и отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на степень доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния, а сам автор заслуживает присуждения этой ученой степени.

Научный консультант, профессор,
доктор физико-математических
наук по специальности 01.04.07 –
физика конденсированного
состояния, заведующий кафедрой
физического материаловедения,
проректор по научной работе и
информационным технологиям
ФГБОУ ВО «Ульяновский
государственный университет»



Голованов Виктор Николаевич

Адрес: 432017, Российская Федерация, г.Ульяновск, ул.Льва Толстого, 42

Тел.: +7 8422 41-24-53

E-mail: golovanovvn@ulsu.ru

