

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Мальгина Андрея Геннадьевича**
«Высокотемпературное окисление и охрупчивание сплава Zr-1%Nb в водяном паре»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Цирконий является незаменимым конструкционным материалом водо-водяных энергетических реакторов на тепловых нейтронах благодаря уникальному сочетанию эксплуатационных свойств таких, как низкое сечение захвата тепловых нейтронов, высокие механические свойства и коррозионная стойкость в пароводяной среде. Кинетика окисления циркониевых сплавов определяет их поведение в условиях высокотемпературного окисления (ВТО) применительно к тяжелым авариям с потерей теплоносителя, при которых температура оболочки может достигать 1200 °С. В этой связи данная работа, направленная на выявление и устранение факторов перехода к линейной кинетике ВТО сплава Zr-1%Nb (и его модификаций) в перегретом водяном паре для снижения наводороживания и повышения остаточной пластичности оболочек ТВЭЛов в аварийных ситуациях, является безусловно актуальной.

Работа Мальгина А.Г. содержит большое число интересных с научной точки зрения результатов, которые отражены в заключительных выводах. Мальгиным А.Г. создана и верифицирована методика высокотемпературных испытаний в среде водяного пара образцов циркониевых труб, обеспечивающая однородность их окисления и отсутствие интенсивного наводороживания на стадии нагрева до температуры эксперимента. Установлены различия в закономерностях кинетики высокотемпературного окисления и поглощения водорода в водяном паре при 1000 °С и снижения остаточной пластичности для труб из сплавов Zr-1%Nb, изготовленных из трёх разных видов циркония, по 100 % электролитического, губчатого или иодидного, выявлена роль фтора в изменении кинетики окисления; показано, что очистка шлифовкой поверхности труб из сплава Zr-1%Nb от фторсодержащих и других примесных загрязнений положительно влияет на поведение при ВТО в среде водяного пара; выявлено изменение структуры оксидного и подоксидного слоев в сплавах разного состава; по результатам ВТО при температурах от 1050 до 1200 °С построена обобщённая диаграмма охрупчивания труб из сплавов типа Zr-1%Nb от содержания водорода с определением пороговой степени окисления, соответствующей хрупко-вязкому переходу, в обоснование применения этих сплавов в качестве оболочек ТВЭЛов.

Работа выполнена с использованием современных методов исследования структуры металлических материалов: просвечивающей и растровой электронной микроскопии, оптического микроскопа LEICA DR IRM и лазерного конфокального микроскопа Olympus LEXT OLS 4000, а также измерения механических свойств путем сжатия колец, отрезанных от исследованных труб.

Результаты работы представлены в 10 статьях и на девятнадцати российских и международных конференциях по циркониевой тематике. Однако, следует заметить, что тезисы последнего доклада датированы 2018 годом, т.е. шесть лет назад.

По автореферату диссертации Мальгина А.Г. замечаний нет.

В целом, диссертационная работа Мальгина А.Г. выполнена на высоком научном уровне. Основные результаты, изложенные в автореферате диссертации, представляются вполне достоверными, обладают новизной и имеют как практическую, так и научную ценность. Диссертация полностью соответствует паспорту специальности и удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», а ее автор Мальгин Андрей Геннадьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Исаенкова Маргарита Геннадьевна,



доктор физ.-мат. наук по специальности 01.04.07 (1.3.8) – «Физика конденсированного состояния»,
профессор, профессор кафедры «Физические проблемы материаловедения» НИЯУ МИФИ

«27» 01 2025 г.

ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», НИЯУ
МИФИ, 115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31

Тел. +7-495-788-5699 доб. 9639

e-mail: MGIsaenkova@mephi.ru



В. М. Самаров