

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Мальгина Андрея Геннадьевича
«Высокотемпературное окисление и охрупчивание сплава Zr-1%Nb в водяном
паре», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и
сплавов.

Диссертационная работа Мальгина Андрея Геннадьевича посвящена изучению высокотемпературного окисления (ВТО) и охрупчивания сплава Zr-1%Nb в водяном паре применительно к оболочкам твэлов для реакторов на тепловых нейтронах и условиям проектной аварии с потерей теплоносителя.

В работе получены **новые данные**, из которых можно выделить:

- выявленные различия в закономерностях кинетики окисления, поглощения водорода и охрупчивания при ВТО образцов сплава Zr-1%Nb на раздельной основе из трёх видов циркония - электролитического, губчатого или иодидного;
- определение ключевого влияния остаточной примеси фтора на проявление раннего линейного окисления в паре при 1000 °С сплава Zr-1%Nb на шихтовой основе из электролитического циркония;
- выявленные особенности диффузии кислорода и образования оксидных пленок при наличии и в отсутствие в сплаве остаточных примесей;
- определение в водяном паре при температурах от 800 до 1200 °С кинетики окисления для модификаций сплава Zr-1%Nb, содержащих фтор менее 1 ppm, и установление обобщённого влияния водорода на их остаточную пластичность с определением пороговой степени окисления, соответствующей хрупко-вязкому переходу.

Актуальность и практическая значимость выбранной темы и полученных результатов подтверждается выполнением исследования по научным договорам, финансируемых АО «ТВЭЛ» в рамках корпоративных Программ по циркониевым материалам и технологиям для атомной энергетики на 2009-2026 гг. и международных программ по топливу ТВС-КВАДРАТ, а также использованием опубликованных результатов в учебном курсе для специалистов атомной энергетики, проводимых Международной Академией Передовых Ядерных Технологий (ANTIA).

Степень обоснованности положений и выводов, сформулированных в работе, не вызывает сомнений. **Достоверность** полученных результатов подтверждается использованием комплекса современных методов исследований, осуществлённых по аттестованным методикам. Полученные результаты логичны, согласуются с известными экспериментальными данными по исследуемой проблеме и не противоречат существующим научным представлениям.

Контур Кripto

владелец

Христофоров Олег Борисович

Документ подписан квалифицированной
электронной подписью 15.01.2025

серийный номер
срок действия

5BF6332C9E68F45F547DEAFDE6B5F71DFD3A0B4B
03.06.2024 - 03.09.2025

Работа соответствует уровню современной науки по сложности решаемой задачи, современности используемого оборудования и методик, востребованности получаемых результатов, опубликованных в солидных научных изданиях.

По представленной работе можно сделать ряд замечаний:

- не объяснены причины различия в структуре образцов из модификаций сплава Zr1Nb, Zr1Nb-3оп, Zr1Nb-4оп после окисления в паре при 1000 °С, видимого на рисунке 9;
- с учетом соотношения размеров образцов и реального изделия (оболочки твэл), отличающихся более, чем на порядок величины, не ясно имеет ли практическую значимость (применимость) установленный автором положительный эффект от механической обработки внутренней поверхности образца;
- нет сопоставительного анализа диаграмм охрупчивания сплава Zircaloy-4 и сплавов Zr1Nb, представленных соответственно на рисунках 2 и 16;
- автором не обозначено, как выбранный им подход к решению задач исключения проявления линейного окисления сплава Zr-1%Nb на шихтовой основе из электролитического циркония соотносится с альтернативным подходом, основанном на разработке для оболочек твэлов реакторов на тепловых нейтронах жаростойких защитных покрытий, которые призваны исключить взаимодействие паровой среды с циркониевой оболочкой в случае аварии с потерей теплоносителя.

Эти замечания не умаляют научной ценности полученных автором результатов и не снижают общую высокую оценку диссертации. По объёму, научному уровню и ценности результатов диссертационная работа удовлетворяет критериям Положения о порядке присуждения учёных степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», а её автор Мальгин Андрей Геннадьевич заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Христофоров Олег Борисович,
доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник
Акционерное общество "Государственный научный центр Российской
Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных
исследований", ГК «Росатом»
Адрес: 108840, Россия, Москва, Троицк, ул. Пушкиновых, вл. 12.
Телефон: 8(495)334-06-66, E-mail: khristofor@triniti.ru

Контур Кристо

владелец

Христофоров Олег Борисович

Документ подписан квалифицированной
электронной подписью 15.01.2025

серийный номер
срок действия

5BF6332C9E68F45F547DEAFDE6B5F71DFD3A0B4B
03.06.2024 - 03.09.2025