

ОТЗЫВ

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

Изучение поведения циркониевых материалов в условиях высокотемпературного окисления в водяном паре является важным для анализа протекания и последствий проектной аварии с потерей теплоносителя (LOCA) и направлено на повышение безопасности эксплуатации АЭС. После протекания такой аварии должна быть обеспечена возможность разборки активной зоны и дальнейшая транспортировка выгруженных тепловыделяющих сборок, исключающих разрушение тепловыделяющих элементов с оболочечными трубами из циркониевого сплава. Исследования российских и зарубежных исследователей показали, что сплав Э110 (Zr-1%Nb), полученный на основе электролитического и йодидного циркония, при высокотемпературном окислении в водяном паре имеет склонность к повышенному поглощению водорода, растрескиванию и расслоению формирующейся оксидной пленки, в то время как зарубежный сплав M5 (Zr-, изготовленный на основе губчатого циркония не подвержен такому поведению. Поэтому диссертационная работа Мальгина А.Г. направленная на определение причин такого различного поведения сплавов типа Zr-1%Nb, изготовленных на разной сырьевой основе и способов, позволяющих на это влиять, несомненно является актуальной.

Как видно из текста автореферата, постановка задач и цели исследований сформулированы диссертантом с учётом анализа имеющихся литературных данных и наличия неизученных аспектов в рассматриваемой области знаний.

Успешное выполнение поставленных в работе задач позволило диссертанту выделить среди полученных результатов исследований важные положения, имеющие признаки научной новизны. Так, например, диссертантом выявлено, что в зависимости от наличия в сплаве остаточных примесей в процессе коррозионных испытаний при 1000 °C в водяном паре происходит различное формирование структуры, связанное с особенностями поглощения и перераспределения кислорода.

С использованием экспериментальных данных он подтвердил предположение о том, что на процесс высокотемпературного окисления сплава Zr-1%Nb могут оказывать влияние примеси, обусловленные металлургической природой получения различных видов циркония, в частности примесь фтора.

Заслуживают внимание защищаемые диссертантом положения, имеющие важное практическое значение по использованию различного вида циркония, применяемого для изготовления оболочек твэлов из сплава Zr-1%Nb, и требование по ограничению содержания примеси фтора в сплаве для исключения развития линейного окисления применительно к условиям LOCA.

Основные результаты работы обсуждены научной общественностью на отечественных и международных конференциях, опубликованы в 29 работах, из которых 10 статей изданы в научно-технических журналах и изданиях, рекомендованных ВАК или входящих в базу Scopus.

Обоснованность и достоверность полученных автором результатов и выводов диссертационной работы не вызывают сомнений, они получены на основании большого экспериментального материала при использовании современных методов и методик исследования и подтверждены согласующимися результатами других лабораторий.

Представленная работа вносит существенный вклад в понимание процессов, происходящих в сплаве Zr-1%Nb в условиях высокотемпературного окисления, что отмечено включением результатов исследований в отчет Европейского агентства по ядерной энергии при Организации экономического сотрудничества и развития NEA №7483), а также в материалы лекций Международной Академии Передовых Ядерных Технологий (ANTIA).

В целом, представленные в автореферате данные, язык и стиль изложения производят хорошее впечатление цельности и законченности научного труда, который полезен широкому кругу специалистов, занимающихся исследованиями циркониевых материалов для ЯЭУ.

В качестве замечаний следует отметить следующее:

При описании метода определения содержания водорода в образцах указано, что помимо кольцевых образцов использовались также фрагменты образцов после механических испытаний, на которых часть оксидной плёнки могла отскочить. В оксиде содержание водорода может быть на порядок больше, чем в металле. Не написано предусматривала ли методика измерения содержания водорода его раздельное определение в оксиде и металле.

3. На странице 12 эффект линейного окисления связывается с феноменологическим механизмом влияния различных примесей, присутствующих в цирконии в зависимости от способа его получения. Тем не менее, в тексте автореферата отсутствует описание сути механизма этого влияния (химическая или физическая), а также перечисление этих примесей.

5. На рисунке 14 показано неравномерное распределение водорода по длине образца после высокотемпературных коррозионных испытаний, в особенности вблизи нодуля в оксидной пленке. Однако не приводится информация о том, как относительно данного нодуля располагаются гидриды, ориентация которых будет существенно влиять на механические свойства труб.

Сделанные замечания имеют рекомендательный характер и не влияют на положительную оценку диссертационной работы. Основные положения работы Мальгина А.Г. апробированы, полученные результаты являются новыми и имеют научную и практическую значимость, а логика рассуждений автора не противоречит современным представлениям о природе процессов, происходящих в циркониевых сплавах в условиях высокотемпературного окисления в среде водяного пара.

Как следует из содержания автореферата, диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям согласно Положению о порядке присуждения учёных степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», а её автор Мальгин Андрей Геннадьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – «Материаловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Кобылянский Геннадий Петрович
доктор технических наук
главный научный сотрудник

Акционерное общество «Государственный научный центр – Научно-исследовательский институт атомных реакторов»

433510, Ульяновская область, г. Димитровград, Западное шоссе, д.9

тел.: (84235)73958

e-mail: gpk@niiar.ru

23.01.2025

Подпись д.т.н. Кобылянского Г.П. заверяю:
Ученый секретарь АО «ГНЦ НИИАР»



Д.А. Корнилов