

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сабурова Николая Сергеевича «**Стойкость к замедленному гидриднему растрескиванию оболочек твэлов из сплавов циркония**», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 - Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность темы. По мере накопления опыта эксплуатации и повышения мощности атомных водоохлаждаемых реакторов, были выявлены процессы, связанные с окислением и наводороживанием оболочек твэлов, что приводило к их охрупчиванию и растрескиванию. Развитие трещин в оболочках обусловлено двумя естественными процессами – первичное образование микротрещин от взаимодействия с топливом, появление напряжённых зон вблизи острия трещины согласно закону Гриффитса, выпадение в этом месте гидридов, которые нарушают целостность оболочки и создают, в свою очередь, новый очаг напряжения. Так пошагово во времени происходит рост трещины называемый замедленным гидридным растрескиванием (ЗГР). Разработчиков топливного цикла озадачило это явление, так как нарушает планы использования сухого хранения выгруженного топлива. Следовательно, диссертантом выбрана актуальная тема для разработки, позволяющая решить ряд важных задач в оценке стойкости оболочек твэлов из сплавов циркония к разрушению по механизму ЗГР.

Научная новизна. Сабуровым Н.С. проведены большая экспериментальная и методическая работы, позволившие получить важные научные результаты, определившие научную новизну диссертации, заключающуюся в следующем:

- Разработан и впервые применён для оболочек твэлов метод испытаний на ЗГР с определением K_{IH} при зафиксированном раскрытии трещины в образце, позволяющий в одном эксперименте определять и $V_{ЗГР}$;

- Впервые для оболочек твэлов из трёх сплавов (Zircaloy-4, Э635М и Э110опт), представляющих разные системы легирования циркония, получены значения основных параметров ЗГР (K_{IH} и $V_{ЗГР}$) и их температурные зависимости, включая предельную температуру ($T_{ВТП}$), выше которой ЗГР не проявляется. При этом наиболее высокую стойкость к ЗГР имеет сплав Э10опт, превосходство которого возрастает под облучением, за счёт меньшего радиационного упрочнения. Индикатором такой стойкости являются вязкие бороздки с увеличенным между ними расстоянием на поверхности гидридной трещины.

Практическая значимость. В результате проделанной диссертантом работы:

- Разработанный метод внедрён в практику испытаний на ЗГР оболочек твэлов в АО «ВНИИНМ» и использован в проекте координированных исследований МАГАТЭ;

- Полученные результаты для сплавов разных систем легирования планируется использовать для моделирования роста трещины ЗГР в условиях сухого хранения отработавшего ядерного топлива и учитывать при разработке новых модификаций сплавов циркония с высоким сопротивлением такому механизму разрушения.

Надёжность и достоверность результатов обеспечивается: большим объёмом исследований, которые подтверждают сделанные выводы без появления каких-либо противоречий. При этом использовались современные методы исследований и современное высокоточное оборудование, с применением методик, аттестованных в установленном порядке. Полученные результаты воспроизводимы и согласуются с известными экспериментальными и теоретическими данными по исследуемой проблеме ЗГР для циркониевых сплавов.

Следует отметить, что, судя по 8-ми публикациям в журналах из перечня ВАК, многочисленным докладам на международных и российских конференциях, соискателем был проделан необходимый объём исследований, работа апробирована и выполнена на высоком научном уровне.

Замечания по автореферату:

1. Совпадение значений основных параметров ЗГР для L и R направлений трещины в (R-L)-плоскости оболочки обосновано только экспериментально, но было бы полезно дать объяснение этому факту с учётом текстуры материала и различий в ориентировке и морфологии гидридов.

2. В таблице 2 на стр. 12 приведён предел текучести в поперечном направлении, а не предел прочности, как ранее было обосновано на стр.7.

3. Нет окончательного вывода о возможности применения сухого хранения отработанного топлива, хотя для такого вывода получены необходимые данные.

Заключение

Высказанные замечания не являются принципиальными, а носят в большей степени рекомендательный характер. В целом же автореферат написан четким и понятным языком, хорошо оформлен, что дополнительно создает положительное впечатление о выполненной работе.

Считаю, что диссертация удовлетворяет всем требованиям ВАК и соответствует критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», а её автор Сабуров Николай Сергеевич заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Заместитель генерального директора –
главный инженер ПАО «Новосибирский
завод химконцентратов»

Ведущий инженер-исследователь в области
ядерно-энергетических технологий
ПАО «Новосибирский завод химконцентратов», д.ф.м.н.



С.А. Буймов

И.И. Локтев