

Отзыв

на автореферат диссертации Н.Е. Пироговой

на тему «Определение доминирующих механизмов и разработка методов прогнозирования коррозионного растрескивания под напряжением облученных аустенитных сталей для ВКУ ВВЭР и PWR», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – «Материаловедение (машиностроение)»

Актуальность данной диссертационной работы обусловлена необходимостью разработки физически обоснованной модели, учитывающей основные механизмы коррозионного растрескивания под напряжением (КРН) облученных аустенитных сталей в среде теплоносителя I контура ВВЭР и PWR, позволяющей, прогнозировать долговечность внутрикорпусных устройств (ВКУ) реакторов типа ВВЭР по критерию коррозионного растрескивания.

В связи с этим, **целями** диссертационной работы стало определение доминирующих механизмов КРН для различных хромоникелевых аустенитных сталей, разработка физически обоснованной модели прогнозирования долговечности ВКУ ВВЭР и PWR по критерию КРН и разработка нормативного метода оценки долговечности ВКУ ВВЭР, разработка метода экспресс-оценки склонности к КРН облученных аустенитных сталей в среде теплоносителя I контура ВВЭР.

Основные достигнутые результаты и научная новизна работы заключаются в следующем:

1. Сформулирован критерий инициации КРН облученных аустенитных сталей, и разработана физически обоснованная количественная модель, учитывающая доминирующие механизмы, стимулирующие КРН в водной среде теплоносителя I контура ВВЭР и PWR. Модель позволяет прогнозировать зависимость порогового напряжения от повреждающей дозы и время до инициации КРН при немонотонном нагружении, когда напряжения превышают пороговые.

2. Выявлены три доминирующих механизма, стимулирующих КРН облученных аустенитных сталей в водной среде: радиационно-индуцированное ослабление прочности границ зерен, межзеренное проскальзывание и локализованное деформирование. Показано, что механизм радиационно-индуцированного обеднения границ зерен хромом не является доминирующим механизмом КРН в водной среде теплоносителя I контура.

3. Показано, что существует связь между энергией межзеренного разрушения и сопротивлением КРН. Разработан метод экспресс оценки склонности к КРН на базе испытаний миниатюрных образцов на ударный изгиб при низкой температуре, обеспечивающей межзеренное разрушение слабых границ зерен.

4. Установлено наличие низкотемпературной неустойчивости ползучести облученных аустенитных сталей при $T \approx 300-350$ °С. Предложен механизм ползучести, заключающийся в перестройке микроструктуры, сформированной при облучении, под действием последующего механического нагружения.

НИИ «Курчатовский институт» ЦНИИ КМ «Прометей»	
Вх. № 3813	в ДЕЛО
«25» 12 2020 г.	№
Осн. 3 л.	№

5. Экспериментально доказано, что прочность границ зерен аустенитных сталей, облученных в смешанном спектре нейтронов (спектр реакторов типа ВВЭР или PWR) ниже, чем сталей, облученных в реакторах на быстрых нейтронах. Такое различие, в первую очередь, связано с различной скоростью наработки гелия, возникающего в результате ядерных реакций при взаимодействии нейтронов с ядрами элементов, входящих в состав стали.

6. Показано, что пороговая повреждающая доза, ниже которой КРН аустенитных сталей отсутствует, существенно зависит от спектра нейтронов, которым облучается аустенитная сталь. При облучении смешанным спектром нейтронов пороговая повреждающая доза значительно ниже, чем при облучении в быстром спектре нейтронов.

Достоверность результатов обусловлена соответствием полученных расчетных данных и зависимостей оригинальным экспериментальным данным, а также данным из литературных источников, полученных при схожих условиях эксперимента. При этом экспериментальные исследования проводились согласно российским и международным стандартам на сертифицированном оборудовании.

Работа представляет несомненный научный интерес и имеет большую практическую значимость:

1. На основании предложенной модели и выполненного комплекса экспериментальных исследований разработаны новые разделы в руководящем документе и ГОСТах, предназначенных для оптимизации проектирования ВКУ ВВЭР с точки зрения обеспечения их заданного срока службы, а также для обоснования продления срока службы ВКУ эксплуатирующихся реакторов типа ВВЭР.

2. Предложена методика экспресс-оценки сопротивления КРН облученных аустенитных хромо-никелевых сталей на базе испытаний миниатюрных образцов из этих сталей на ударный изгиб при низкой температуре, обеспечивающей межзеренное разрушение. Данная методика позволяет оценивать эффективность компенсирующих мероприятий (отжиг), а также ранжировать кандидатные материалы для новых ВКУ с точки зрения их стойкости к КРН.

3. Проведена оценка погрешности расчета флюенса быстрых нейтронов и повреждающей дозы при использовании программного средства КАТРИН-2.5 на основе расчетно-экспериментального определения этих параметров по результатам измеренных удельных активностей микропроб облученной аустенитной стали.

По тексту автореферата диссертации можно сделать следующие **замечания**.

1 На рисунке 10 и относящемся к нему тексту указаны только 1-я (неустановившаяся) и 3-я (ускоренная) стадии ползучести, а 2-я (установившаяся) стадия ползучести отсутствует. Поэтому указанное зарождение трещины формально должно соответствовать окончанию 2-й стадии ползучести, а не 1-й.

2 Целесообразно было бы представить результаты апробации разработанных методов прогнозирования КРН применительно к реальным конструкциям и условиям эксплуатационного нагружения ВКУ ВВЭР, а не только к результатам экспериментальных исследований образцов.

В целом результаты и выводы, представленные в автореферате диссертации, представляются обоснованными, достоверными и в достаточной степени представленными в научных публикациях и докладах. Работа соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – «Материаловедение (машиностроение)».

Отзыв составил:

Начальник отдела обоснования
прочности и ресурса РУ и оборудования
АЭС АО "ОКБМ Африкантов", к.т.н.
тел.: 8 (831) 246-98-58

Виленский Олег Юрьевич



Акционерное Общество "Опытное Конструкторское Бюро Машиностроения имени И.И.Африкантова" (АО «ОКБМ Африкантов») 603074, г. Н. Новгород, Бурнаковский проезд, 15, тел.: 8 (831) 275-26-40, e-mail: okbm@okbm.nnov.ru

Подпись руки Виленского О.Ю. заверяю,
Главный ученый секретарь
АО «ОКБМ Африкантов» Д.Т.Н.




А.М. Бахметьев