

ОТЗЫВ

Официального оппонента Ланина Александра Алексеевича на диссертационную работу Пироговой Натальи Евгеньевны «Определение доминирующих механизмов и разработка методов прогнозирования коррозионного растрескивания под напряжением облучённых аустенитных сталей для ВКУ ВВЭР и PWR» представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение)

Проблема обеспечения надёжной эксплуатации энергетических установок крайне актуальна. Особенно это относится к атомным электростанциям. Если в тепловой энергетике прогнозирование ресурса и поддержание требуемого уровня безопасной эксплуатации компенсируется мероприятиями периодического контроля степени поврежденности узлов и деталей, а также плановыми ремонтами, то в атомной энергетике в ряде случаев это практически невозможно. Рассматриваемая в диссертационной работе задача посвящена вопросам прогнозирования повреждений в элементах внутренних устройств реактора, доступ к которым в процессе эксплуатации затруднён.

Достоверность прогнозируемых оценок ресурса указанных элементов, определяется правильным выбором и определением физических закономерностей повреждений под воздействием эксплуатационных факторов.

Анализируя поставленные в диссертационной работе цели и задачи, следует отметить последовательность и логическую стройность решения проблемы прогнозирования ресурса на основе результатов выполнения комплекса исследований и разработки методических решений.

В первой главе выполнен аналитический обзор состояния вопроса. Рассмотрены конструктивные особенности внутренних устройств реакторов ВКУ, условия воздействия эксплуатационных факторов: нейтронного облучения, температуры, эксплуатации, коррозионного воздействия

НИИ «Курчатовский институт»	
Вх. № 3812	в ДЕЛО
25.12.20	№
Осн. 6	л.

теплоносителя. Классифицированы физические процессы эволюции структуры в аустенитных сталях под действием эксплуатационных факторов. Обращает на себя внимание скрупулёзность анализа физических механизмов развития процессов повреждаемости структуры металла аустенитных сталей типа 18-8. Показано изменение прочностных характеристик и развитие процессов охрупчивания. Приведены примеры охрупчивания и разрушения элементов внутренних устройств. Отдельно выполнен анализ состояния вопроса по прогнозированию коррозионного растрескивания аустенитных нержавеющей сталей.

В целом глава I выполнена на высоком научном уровне, соответствует поставленной задаче. По результатам первой главы автором диссертации сформулированы направления исследований для достижения поставленных целей.

Во второй главе подробно рассмотрены исследуемые материалы и экспериментальные методы используемые в работе, в том числе приведены методы исследований разработанные автором диссертации. Разработаны методические требования к проведению испытаний. Проанализированы метрологические вопросы, обеспечивающие точность измеряемых параметров испытаний. Весьма интересен метод испытаний малых образцов на ударную вязкость. Позволяющий количественно определять степень коррозионного охрупчивания металла после радиационного воздействия с учётом межзёрненного разрушения. Разработанный метод испытаний безусловно является новым для определения прочности границ зёрен на образцах вырезанных из натуральных элементов конструкций после длительной эксплуатации.

В третьей главе автор диссертации логично рассматривает повреждающие факторы при облучении сталей для ВКУ с целью определения количественных параметров необходимых для моделирования воздействия на образцы в процессе исследований, а также в процессе прогнозирования кинетики повреждений при эксплуатации. На основе

анализа повреждающих факторов предложен расчётно-экспериментальный метод определения плотности потока, флюенса нейтронов и повреждающей дозы на основе исследований микропроб из стали 08X18H10T. Такой методический подход несомненно является новым и позволяет обеспечить высокую точность измерений.

Четвертая глава посвящается результатам экспериментальных исследований сталей марок 321, 304, 316 в среде имитирующей теплоноситель 1-ого контура ВВЭР после облучения в различных энергетических спектрах нейтронов до уровня повреждающих доз от 4 до 150 сна. По своему содержанию и объёму экспериментальных исследований эта глава является определяющей частью работы. В результате выполненного комплексного исследования различных механизмов коррозионного растрескивания аустенитных облучённых сталей в среде теплоносителя 1-ого контура ВВЭР и PWR определены главные физические механизмы коррозионных повреждений. Представленный объём экспериментальных исследований и логическая последовательность при анализе полученных результатов свидетельствуют о высоком научном уровне соискателя степени кандидата технических наук. В рассматриваемой главе получен ряд важных научных результатов. Интересными являются исследования влияния процесса обеднения границ зерен хромом на склонность к коррозионному растрескиванию.

Установленные в 4 главе закономерности развития коррозионного растрескивания под напряжением аустенитных сталей позволяют существенно продвинуться в научном понимании физических процессов коррозионного растрескивания в условиях воздействия облучения. Результаты полученные в главе 4 имеют важное практическое значение для решения проблемы обеспечения надёжности атомных энергетических установок.

В главе 5 автором диссертации представлены результаты исследований влияния облучения на прочность границ зёрен и склонность к коррозионному

растрескиванию аустенитных сталей. Для ускоренной оценки влияния степени межзёренного повреждения на склонность к коррозионному растрескиванию в процессе эксплуатации разработана оригинальная методика испытания миниатюрных образцов на ударный изгиб. Эта методика является новой и имеет большое практическое значение для выполнения экспертных экспериментальных оценок состояния элементов ВКУ.

Глава 6 посвящена построению модели прогнозирования долговечности ВКУ по критерию коррозионного растрескивания. Показано, что в качестве критерия может быть принята деформация ползучести. Рассмотрена физическая природа развития ползучести в облучённых аустенитных сталях. Показано, что низкотемпературная ползучесть связана с перестройкой микроструктуры металла при воздействии облучения и напряжений при испытаниях на коррозионное растрескивание. Установленная закономерность является весьма интересной и обнаружена впервые.

Завершается научная диссертационная работа разработкой нормативного метода оценки долговечности ВКУ по критерию коррозионного растрескивания. Предложенный нормативный метод прошёл верификацию путём сравнения результатов рассчитанным по предложенным формулам и определенных экспериментом.

В целом диссертационная работа представляет собой логично построенное научное исследование, хорошо оформленное. Содержание автореферата полностью отвечает основным идеям и выводам диссертации. Публикации полностью соответствуют результатам диссертации. По содержанию работы можно сделать следующие замечания:

1. В разделе 4.3 одним из факторов влияющим на ослабление границ зёрен, указан гелий, появляющийся в металле в процессе ядерных реакций. Однако механизм влияния на прочность границ зёрен в работе практически не рассмотрен. Хотя влияние этого фактора может быть определяющим.

2. В разделе 4.1 приведены результаты испытаний на коррозионное растрескивание при различных видах нагружения. Показано, что при испытаниях с постоянной во времени нагрузкой степень коррозионных повреждений выше, чем для образцов после циклического нагружения с низкой скоростью деформации. В соответствии с вашей гипотезой об определяющем факторе разрыва пассивирующей пленки на инициацию коррозионного повреждения режим при медленном циклическом нагружении представляется более опасным.
3. В работе подробно исследуются структурные факторы, влияющие на коррозионное растрескивание аустенитных сталей. Однако, совершенно не затронут фактор влияния частоты сталей и технологической наследственности (прокатка, гибка и т.п.)
4. К сожалению, в диссертационной работе не рассмотрены вопросы влияния сварных соединений на коррозионное растрескивание. Хотя влияние сварных соединений может быть весьма существенным.

Не смотря на отмеченные замечания диссертационная работа Натальи Евгеньевны Пироговой является законченным научным трудом, обладает научной новизной. В результате работы решены задачи прогнозирования ресурса ВКУ атомных энергоустановок и разработан соответствующий нормативный документ.

Диссертационная работа соответствует требованиям ВАК (п.9 Положения о присуждении учёных степеней №842 от 24.09.2013 г.), автор диссертации "Определение доминирующих механизмов и разработка методов прогнозирования коррозионного растрескивания под напряжением облучённых аустенитных сталей для ВКУ ВВЭР и PWR» Наталья Евгеньевна Пирогова заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 –метериаловедение (машиностроение).

Заведующий отделом 13, Ланин Александр
Алексеевич, доктор технических наук, с.н.с.
ОАО «Научно-производственное
объединение по исследованию и
проектированию энергетического
оборудования им. И.И. Ползунова»
191167 г.Санкт-Петербург.
ул. Атаманская д.3/6
моб. тел. +79219379945
раб. тел. 8(812)2975860
email:
lanin_51@mail.ru
svarka@ckti.ru

Ланин Александр Алексеевич

/  /

Подпись руки Ланина Александра
Алексеевича

удостоверяю

/  /



Заместитель генерального
директора по научной
работе
Сухоруков Ю.Г.