

Институт «Курчатовский институт» ЦНИИ КМ «Прометей»	
Вх. № 706/17-26/2	в ДЕЛО
«26» 02 2024 г.	№ _____
Осн. 4 л.	подп. _____
Прил. - л.	

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Кудрявцева Алексея Сергеевича

на тему: «Создание 12 % хромистой стали для парогенератора реакторной установки с натриевым теплоносителем повышенного срока эксплуатации», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность темы диссертации А.С. Кудрявцева обусловлена необходимостью совершенствования существующих и разработки новых методов принятия обоснованных решений при проектировании АЭС с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем.

Работа носит фундаментальный характер с применением современных научных и методических подходов материаловедения в целях разработки нового материала с комплексом необходимых механических свойств. Разработанный материал будет использоваться в ответственной детали – парогенераторе РУ БН-1200М с натриевым теплоносителем. Особенная важность разработанного материала для парогенератора заключается в том, что последствия межконтурной неплотности в парогенераторе РУ БН вызывают серьезную ситуацию с термохимическим воздействием продуктов взаимодействия натрия с водой. При этом особенности условий эксплуатации парогенератора РУ БН-1200М заключаются в увеличенном сроке службы до 240 тыс. ч, в повышенной температуре натрия до 527 °С, повышенной ползучести и влиянии коррозионных процессов со стороны третьего (пароводяного) контура РУ БН.

Основными новыми научными знаниями, полученными автором настоящего исследования, являются:

1. Разработка химической композиции 12 % хромистой стали марки 07X12НМФБ мартенситного класса, легированной азотом, ориентированной на обеспечение служебных характеристик материала в условиях эксплуатации парогенератора РУ БН-1200М при температурах в номинальном режиме до 550 °С в течение не менее 30 лет (240 000 ч).

2. Получение высокого уровня кратковременной и длительной прочности разработанной марки с помощью формирования необходимой структуры карбидов и нитридов ванадия после термообработки. Определение допустимого значения отношения хромового к никелевому эквиваленту, равное 3,1 ($Cr_{\text{экв}}/Ni_{\text{экв}} < 3,1$), превышение этого значения существенно снижает пластичность стали при температуре 1150 °С, рекомендованной для нагрева под ковку и прокатку, и повышает вероятность трещинообразования в полуфабрикатах в процессе деформации.

3. Определение температуры 600 °С как максимально допустимой температуры длительной эксплуатации стали марки 07X12НМФБ.

4. Установление факта, что для получения оптимального сочетания сопротивления хрупкому разрушению (ударной вязкости) и механических свойств при растяжении продолжительность отпуска стали марки 07X12НМФБ после закалки от температуры 1050 °С должна быть не менее 10 ч при температуре 750 °С.

5. Изучение снижения длительной прочности сварных соединений стали марки 07X12НМФБ. В работе установлено, что природа этого явления связана со структурными изменениями на участке ЗТВ в результате термического цикла сварки, при котором в аустените, образовавшемся на данном участке, не успевают раствориться первичные карбиды, и после охлаждения он превращается в обедненный по углероду и другим легирующим элементам мартенсит, который в процессе послесварочного отпуска распадается с образованием практически равновесного феррита, обладающего низкой прочностью. Значение коэффициента снижения длительной прочности сварных соединений стали марки 07X12НМФБ, обеспечивающее консервативную оценку, принято равным 0,7.

Указанные выше научные положения, выводы и рекомендации достаточно глубоко и полно обоснованы теоретическими и экспериментальными исследованиями, проведенными непосредственно автором или под его руководством, а также ссылками на данные аналогичных исследований, проводившихся отечественными и зарубежными специалистами.

Достоверность выполненных автором исследований подтверждается корректным использованием апробированных методов экспериментальных исследований, достаточно хорошей обоснованностью принятых допущений.

Практическая ценность результатов работы состоит в том, что применение разработанной марки стали позволит перейти от секционно-модульной конструкции парогенератора РУ БН к корпусной, при которой функции испарителя и перегревателя реализованы в едином корпусе, и снизить металлоемкость энергоблока. Применение нового жаропрочного материала позволяет повысить КПД паросилового цикла энергоблока за счет увеличения температуры теплоносителя (натрия) на входе в парогенератор до 527 °С и температуры острого пара до 510 °С, а также увеличить срок службы парогенератора до 240 000 ч (30 лет).

В качестве замечаний и дискуссионных вопросов следует отметить следующее:

1. В таблице 5 автореферата приведены скорости коррозии в размерности мм/год, экстраполированные на весь межпромывочный интервал. Как правило коррозионные процессы имеют затухающий характер, и коррозия материалов протекает интенсивно только в начальный период эксплуатации. Необходимо дать пояснения какая ситуация прогнозируется в условиях эксплуатации парогенератора РУ БН-1200М.
2. Автором убедительно показано обеспечение кратковременных и длительных механических свойств разработанной марки стали. При этом в атомной энергетике для обеспечения безопасной эксплуатации также рассматриваются режимы нарушения нормальных условий эксплуатации, при которых может увеличиваться температура эксплуатации. В автореферате не показано были ли рассмотрены механические свойства рекомендуемой марки стали на режимах эксплуатации парогенератора при возможных отклонениях от нормальной эксплуатации.

Указанные замечания не снижают качество рецензируемого исследования. Диссертация Кудрявцева А.С. является законченной научной работой, в которой содержится решение задачи разработки нового материала

для энергоблоков АЭС с реакторами типа БН-1200М, играющих важную роль в стратегии развития двухкомпонентной атомной энергетики страны

Диссертация соответствует специальности 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов и удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 с изменениями (в редакции от 20.03.2021г., Постановление Правительства РФ № 426), предъявляемым к докторским диссертациям, а автор работы достоин присуждения ученой степени доктора технических наук.

Начальник Инженерно-технического
департамента Отделения ядерной
энергетики, канд. техн. наук

А.А. Камаев
15.02.2024

А.А. Камаев

Подпись Камаева А.А. подтверждаю
Научный руководитель
АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»,
д-р техн. наук



В.М. Троянов
15.02.2024

В.М. Троянов