

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

В атомной отрасли реакторы на быстрых нейтронах рассматриваются как важнейшая часть двухкомпонентной системы, основанной на сопряжённой эксплуатации АЭС с реакторами ВВЭР и БН.

В действующих реакторах на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем для выработки пара используются парогенераторы с разделением функций испарения воды и перегрева пара по отдельным модулям. Для модуля испарителя используется сталь марки 10X2M перлитного класса, стойкая к коррозионному растрескиванию, температура эксплуатации которой не превышает 510 °С. Для изготовления модуля перегрева пара с более высокой температурой эксплуатации используются стали аустенитного класса 10X18Н9 и 08X16Н11М3.

С целью уменьшения удельной металлоемкости парогенератора новой реакторной установки БН-1200М была поставлена задача по переходу от секционно-модульной конструкции парогенератора к корпусной с совмещением функций испарения воды и перегрева пара. Кроме того, для повышения эффективности парогенератора и конкурентоспособности РУ в целом потребовалась повышение температуры эксплуатации до 527 °С и срока службы до 240 000 ч.

Выполненные в работе Кудрявцева А.С. исследования по оценке повреждаемости конструкционных материалов в процессе эксплуатации парогенератора РУ БН-600 показали, что использование стали марок 10X18Н9, 08X16Н11М3 и 10X2М для парогенератора новой конструкции нецелесообразно, тем самым была однозначно обоснована необходимость разработки нового материала. При этом новый материал должен удовлетворять высоким требованиям по прочности, коррозионной стойкости, в том числе к коррозионному растрескиванию, и технологичности (иметь хорошую свариваемость).

Таким образом в рамках диссертационной работы обоснована, поставлена и успешно решена задача по разработке жаропрочной коррозионностойкой стали и технологии её производства применительно для парогенератора реакторной установки БН-1200М с натриевым теплоносителем со сроком службы не менее 240 тыс. часов. В результате проведенных исследований была создана 12% хромистая сталь марки 07X12НМФБ, полностью соответствующая требованиям,

НИИ «Курчатовский институт»		1
ЦНИИ КМ «Прометей»		
Вх. №	302/17-26/12	ЕЛО
«	30 01 2024	г.
Осн.	3	л.
Прип.	-	л.
		подп.

предъявляемым к материалам парогенератора реакторных установки с натриевым теплоносителем.

В процессе разработки стали марки 07X12НМФБ выполнен комплекс работ по исследованию влияния легирующих элементов на технологичность стали, жаропрочность, коррозионную стойкость и её механические свойства. Проведены исследования и выбраны режимы горячей пластической деформации и окончательной термической обработки стали 07X12НМФБ.

Выполнены работы по промышленному освоению новой марки стали от выплавки слитков до 37 т до широкого сортамента полуфабрикатов (кованных и листовых заготовок, холоднодеформированных труб).

Проведен большой объём испытаний по определению кратковременных и длительных механических свойства стали 07X12НМФБ. Однозначно показано, что гарантированные свойства новой марки стали находятся на достаточно высоком уровне, что позволяет ей быть использованной в качестве основного конструкционного материала для парогенератора новой конструкции. Сталь марки 07X12НМФБ включена в ряд нормативных документов и ГОСТов, действующих на объектах использования атомной энергии.

Необходимо отметить следующие замечания, к содержанию автореферата:

1 Из текста автореферата не ясно насколько глубоко исследован металл сварного шва стали марки 07X12НМФБ, в частности не приведены изображения и описание микроструктуры.

2 В тексте автореферата приведено описание и указано соответствующее значение коэффициента (0,7) снижения длительной прочности сварных соединений стали марки 07X12НМФБ, однако отсутствуют ясные формулировки: является ли основной металл и металла сварного шва стали марки 07X12НМФБ равнопрочными или сварной шов имеет более низкие характеристики, чем основной металл.

3 Работа выполнена с применением термодинамического моделирования фазового состава, однако отсутствует моделирование влияния химического состава новой марки стали на ключевые свойства стали. Таким образом уровень легирования подобран «вручную», исходя из опыта автора и литературных данных, и может иметь потенциал для оптимизации. Например, работа значительно выиграла бы при рассмотрении 9% хромистых сплавов, в том числе на основе базового состава 10X9 по которым достигнуты высокие температуры эксплуатации – выше 600 °С на базе более 200 тыс. часов.

Также можно рекомендовать автору при продолжении работ обратить внимание на вопрос формирования нитридного упрочнения в стали путём не повышения содержания азота, а снижения углерода. В частности, известно, что при

уменьшении углерода до 0,005 и равновесном содержании азота (0,006-0,008) удаётся получать упрочняющие фазы менее 5 нм, что гарантирует повышение максимальной температуры эксплуатации до 620 °С.

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки работы. Диссертационная работа 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. Автор диссертации, Кудрявцев Алексей Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Профессор, доктор технических наук,
Лауреат Государственной Премии РФ,
Лауреат Премии Правительства РФ,
Лауреат Премии Президиума РАН
Заместитель директора по науке
частного учреждения «Наука и инновации»
Госкорпорации «Росатом»



Дуб Алексей
Владимирович
29.01.2024

Кандидат химических наук,
руководитель направления
Группы подготовки научно-технических
проектов частного учреждения «Наука и
инновации» Госкорпорации «Росатом»



Сафонов Иван
Александрович
29.01.2024

Подписи А.В. Дуба и И.А. Сафонова удостоверяю
Руководитель направления
Управления по работе с персоналом Частного
учреждения «Наука и инновации»
Госкорпорации «Росатом»



Терехова А.А.

Адрес: 119017, Российская Федерация, г. Москва, частное учреждение «Наука и инновации», ул. Большая Ордынка, д. 24, эт. 8, каб. 820,
e-mail: nii@rosatom.ru, тел.: (499) 949-49-75