

ЦНИИ КМ «Прометей»	
Вх. № 686/17-26/22	в ДЕЛО
«22 02 20 24 г.	№
Осн. 3 л.	подп.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Кудрявцева Алексея Сергеевича
«Создание 12% хромистой стали для парогенератора реакторной установки с натриевым теплоносителем повышенного срока эксплуатации»
по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка и металлов и сплавов на соискание ученой степени доктора технических наук

В реакторных установках нового поколения планируется повышение рабочих температур, что ставит перед современным материаловедением сложные задачи создания новых конструкционных материалов и улучшения. В связи с этим диссертационная работа А.С. Кудрявцева, посвященная созданию 12% хромистой стали для парогенератора реакторной установки с натриевым теплоносителем повышенного срока эксплуатации является актуальным исследованием.

В диссертационной работе разработана новая химическая композиция 12% хромистой стали мартенситного класса, комплексно легированной углеродом, азотом, хромом, никелем, марганцем, ванадием, ниобием, молибденом и бором, высокий уровень механических свойств и коррозионной стойкости которой обеспечивается за счет формирования карбидов и нитридов ванадия малых размеров. Данная химическая композиция ориентирована на обеспечение служебных характеристик материала в условиях эксплуатации парогенератора новой реакторной установки с натриевым теплоносителем большой мощности при температурах в номинальном режиме до 550°C более 30 лет (240 000 часов). К данной химической композиции 12% хромистой стали подобрана термическая обработка для получения оптимального сочетания сопротивления хрупкому разрушению (ударной вязкости) и механических свойств при растяжении. Следует отметить практическую значимость диссертационной работы, которая заключается в том, что разработанная сталь прошла промышленное освоение на отечественных металлургических предприятиях в широком сортаменте полуфабрикатов. Результаты исследований прошли промышленную апробацию при внедрении разработанных технологических режимов и изготовлении широкого сортамента заготовок из стали марки 07X12НМФБ.

Достоверность научных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечена использованием современных методов исследования, включающих просвечивающую электронную микроскопию, всесторонним анализом полученных результатов и сопоставлением их с данными других авторов, положительными результатами промышленного освоения. Результаты работы широко опубликованы в журналах из списка ВАК и индексируемых в Scopus, а также были представлены на конференциях всероссийского и международного уровня.

К автореферату диссертации есть замечания:

- 1) На рисунок 6б, демонстрирующий частицы карбонитридов МХ в темном поле, следовало бы нанести плоскости и оси зон, относящиеся к частицам вторичных фаз.
- 2) В четвертой главе идет обоснование выбора химической композиции 12% хромистой стали. На стр. 18 отмечается близкое влияние молибдена и вольфрама на длительную прочность, при этом предпочтение было отдано молибдену. Однако, обоснование такого выбора выглядит недостаточно полным. В автореферате указано, что молибден более эффективно повышает длительную прочность стали при температурах до 600°C. В то же время, коэффициент упрочнения для атомов вольфрама почти на 15% выше, чем у молибдена. Вольфрам, как и молибден, также является карбидобразующим элементом и может частично замещать атомы хрома в $M_{23}C_6$, что снизит его склонность к

коагуляции. В литературе отмечается, что использование молибдена (а также никеля и ниобия) в реакторных установках нежелательно вследствие сильной активации этих элементов при облучении.

3) упоминается, что легирование азотом приводит к сохранению более высокой плотности дислокаций в речном мартенсите и гранулярном бейните, и далее приводятся значения плотности дислокаций. Следовало бы привести метод определения плотности дислокаций. Кроме того, все приведенные значения являются очень близкими, в рамках погрешности (независимо от метода получения этих значений), в рамках одного порядка. По таким значениям затруднительно сделать вывод о более высокой или низкой плотности дислокаций при различном легировании азотом.

4) На стр. 22 сказано, что механизм влияния бора на структуру и свойства хромистой мартенситной стали не совсем ясен. В ранних работах группы Abe влияние бора представлено достаточно подробно, и в более поздних работах различных авторов неоднократно подтверждается верность представленных рассуждений.

5) На стр. 23 после перечисления основных упрочняющих эффектов, которые можно было бы оценить и количественно, а не только качественно, указано, что легирование *этими химическими элементами* в количестве, рекомендованном выше, приводит к получению структуры, содержащей около (40-50)% феррита. Однако, ни экспериментальных, ни расчетных данных, иллюстрирующих отмеченную зависимость, не приводится.

Отмеченные замечания, ни в коем случае, не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Кудрявцева А.С. В целом, диссертационная работа Кудрявцева А.С. представляет собой выполненное на высоком уровне исследование, имеющее большое практическое значение для развития российской промышленности. Диссертационная работа «Создание 12% хромистой стали для парогенератора реакторной установки с натриевым теплоносителем повышенного срока эксплуатации» соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, а ее автор, Кудрявцев Алексей Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Ведущий научный сотрудник НИЛ «Механических свойств наноструктурных и жаропрочных материалов»

НИИ Материаловедения и инновационных технологий

Белгородского государственного национального

исследовательского университета

308015 Белгород, ул. Победы 85

8 (4722) 58-54-57, belyakov@bsu.edu.ru, <https://bsuedu.ru/>

доктор физико-математических наук

(1.3.8. Физика конденсированного состояния), доцент



Беляков Андрей Николаевич

Старший научный сотрудник НИЛ «Механических свойств наноструктурных и жаропрочных материалов»

НИИ Материаловедения и инновационных технологий

Белгородского государственного национального
исследовательского университета
308015 Белгород, ул. Победы 85
8 (4722) 58-54-57, fedoseeva@bsu.edu.ru, <https://bsuedu.ru/>
кандидат технических наук (2.6.1. Металловедение и
термическая обработка металлов и сплавов), доцент

Федосеева Александра Эдуардовна

Я, *Беляков Андрей Николаевич*, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела *А.С. Кудрявцева*.

Беляков Андрей Николаевич

Я, *Федосеева Александра Эдуардовна*, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела *А.С. Кудрявцева*.

Федосеева Александра Эдуардовна

15.02.2024

Подпись *А.Н. Белякова* и *А.Э. Федосеевой* удостоверяю

ДОЛЖНОСТЬ

И. О. Фамилия

Личную подпись удостоверяю Ведущий специалист по кадрам департамента управления персоналом	<i>Беляков А.Н.</i>	
	<i>Федосеева А.Э.</i>	
	<i>Иван Александрович</i>	
	« 15 » 02	20 24 г.