

## ОТЗЫВ

официального оппонента Путиловой Евгении Александровны на диссертационную работу Гусева Алексея Антоновича «Особенности структурно-фазового состояния и свойств коррозионно-стойких сталей мартенситного и переходного классов для высокопрочных труб», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 Материаловедение

### **Актуальность темы диссертационной работы.**

Диссертационная работа Гусева Алексея Антоновича посвящена актуальным вопросам, связанным с разработкой оптимальных составов трубных нефте-газопромысловых сталей, применяемых в условиях, осложненных углекислотной коррозией и сложной горно-геологической обстановкой. Применение ранее разработанных и широко применяемых сталей мартенситного класса с содержанием хрома около 13% в определенных случаях не позволяет добиться обеспечения требуемого уровня прочностных и эксплуатационных характеристик. Необходимость выполнения требований по обеспечению уровня прочности, при этом обеспечивая достаточный уровень пластичности и ударной вязкости, а также коррозионной стойкости, ставит перед материалововедами весьма нетривиальную задачу: за счет незначительного изменения состава легирующих элементов добиться создания материала с повышенным комплексом свойств. В связи с этим разработка новых составов, исследование влияния пропорций легирующих элементов, а также способов термической обработки на структуру и свойства трубных сталей является актуальной задачей, позволяющей решить современные проблемы нефтегазовой отрасли, связанные с особенностями добычи, транспортировки и хранения углеводородов.

В связи с вышеизложенным работа Гусева А.А. является весьма актуальной.

**Структура и основное содержание работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, общего заключения по работе и списка литературы из 155 наименований, изложена на 163 страницах, содержит 88 рисунков и 42 таблицы.

Во **введении** обоснована актуальность выбранной темы диссертационной работы, описаны цель и задачи, сформированы и обоснованы новые научные результаты, обозначены теоретическая и практическая значимости работы, приведены сведения об апробации результатов.

В **первой главе** представлен весьма широкий и развернутый обзор литературы и подробно описано текущее состояние проблемы. Рассмотрены основные особенности применения высокохромистых сталей, как иностранного, так и российского производства. Представлен и описан механизм влияния углекислотной коррозии на стали, содержащие как 12-14% хрома в своем составе, так и до 15-17%, и применяемые в нефтегазовой отрасли. Подробно рассмотрено влияние различных легирующих элементов на прочностные и эксплуатационные свойства трубных сталей различного класса с повышенным содержанием хрома. Описаны проблемы, возникающие при недостаточном или избыточном легировании сталей переходного класса, а также возможности решения этих проблем посредством правильного выбора комплекса термической обработки.

Во **второй главе** представлено обоснование выбора материалов для исследования, которыми являлись девять сталей с различным содержанием хрома (от 13 до 17 %). Исследования проводили как на одно-, так и на двухфазных сталях различного класса. Представлены также способы выплавки и термической обработки исследуемых сталей, а также использованные методики исследования.

В **третьей главе** приводится подробный анализ влияния легирования и режимов термической обработки на структуру и свойства двухфазных сталей. Установлен режим многоступенчатой термической обработки, который позволяет дестабилизировать остаточный аустенит в сталях переходного класса. Показано также влияние морфологии остаточного аустенита на уровень механических свойств исследованных двухфазных сталей.

**Четвертая глава** посвящена исследованию легирования, структуры и механических свойств разрабатываемых высокопрочных мартенситных сталей с содержанием хрома 15-17%. Проведена работа по подбору режимов термической обработки, позволяющих получить оптимальное сочетание прочностных и пластических характеристик мартенситных сталей, что отражено в подробных результатах микроструктурных исследований.

В пятой главе представлены результаты комплексного исследования коррозионной стойкости исследованных в предыдущих главах двухфазной и однофазной (мартенситной) сталей. Приведены обоснованные рекомендации по выбору химического состава для производства высокопрочных труб.

**Заключение** содержит основные выводы диссертационного исследования.

**Научная новизна результатов диссертационной работы** состоит в получении новых знаний в следующих направлениях:

- обосновано применение многоступенчатого режима термической обработки для двухфазных аустенито-мартенситных сталей, включающего закалку, отжиг и отпуск, с целью получения повышенного уровня механических характеристик;

- установлено необходимое содержание хрома как для аустенито-мартенситной, так и для мартенситной сталей с целью обеспечения их высокой стойкости к равномерной коррозии при повышенной температуре до 150 и в условиях воздействия парциального давления.

**Достоверность и обоснованность положений и выводов диссертации** подтверждается выбором различных современных методик исследований и анализа данных с применением современного оборудования, что позволило проанализировать полученные результаты с различных подходов. Результаты исследований признаны научной общественностью, что подтверждается уровнем публикаций.

**Теоретическая и практическая значимости** работы заключается в разработке рекомендаций, заключающихся в обосновании выбора оптимального химического состава и режимов термической обработки как однофазных, так и двухфазных коррозионностойких трубных сталей для промышленного производства труб, работающих в условиях углекислого газа и высокой концентрации ионов хлора. Полученные результаты позволили обеспечить подготовку к освоению производства нового типа продукции – бесшовных насосно-компрессорных труб. Этот факт подтверждён наличием Справки об использовании результатов, описанных в кандидатской диссертации Гусева А.А., подписанной главным инженером АО «СинТЗ».

**По диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания:**

1. Раздел 2.3 касательно методик определения механических свойств при растяжении. С чем связан различный подход в определении предела текучести при статическом растяжении при комнатной температуре и при повышенной?

2. В тексте диссертации везде упоминается такая механическая характеристика как предел прочности. Однако в нормативной документации, стандартах более общепринято использовать термин "временное сопротивление", несмотря на то, что понятие предел прочности лучше прижилось в технической разговорной речи.

3. В задачах, которые необходимо было решить в процессе работы говорится, что исследования проводятся для «...изготовления нового вида продукции с высокой степенью эксплуатационной надежности». В тексте диссертации нет конкретных условий, что именно подразумевается под термином «эксплуатационная надежность» и согласно какому документу требуемый уровень эксплуатационной надежности регламентируется.

4. В 1 и 3 пунктах научной новизны указывается суммарный процент прочих, помимо хрома, легирующих элементов, содержащихся в той или иной стали для обеспечения требуемого уровня структуры и свойств. Возможно, следовало бы подробнее расписать о каких именно легирующих элементах идет речь, поскольку из таблицы 2.2 видно, что для разных групп исследованных сталей этот состав различается.

5. Данные раздела 3 и раздела 5 в части двухфазных сталей несколько не согласуются, на мой взгляд. В выводах к разделу 3 установлен, на сколько я понимаю, оптимальный режим многоступенчатой термической обработки, включающий закалку, отжиг и отпуск при 530 °С. Однако в разделе 5.1, описывающем коррозионную стойкость также двухфазной стали сказано, что исследования на стойкость к высокотемпературной коррозии подвергали стали, обработанные по режиму закалка, отжиг и отпуск при 560 °С. С чем связана разница в значениях температур отпуска?

6. В разделе 5.3 в качестве разработанных рекомендаций по выбору состава стали для производства высокопрочных труб указан следующий химический состав: 06X17H5M1B. Однако, согласно таблице 2.2 выбранный состав не согласуется ни с составом стали 8, ни 9. При этом в тексте диссертации нет четкого обоснования, почему было выбрано нечто среднее между этими составами.

7. В разделе 5 приводятся сведения по коррозионным испытаниям с приведением данных по глубине язв, возникающих при коррозии. Однако ни в разделе 2 в описании методик, ни в тексте диссертации нет информации, на основании каких измерений получены эти данные.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Гусева Алексея Антоновича. Диссертация представляет собой законченную работу, в которой поставленные цель и задачи, связанные с разработкой новых составов сталей для высокопрочных труб с улучшенным комплексом механических свойств и повышенной коррозионной стойкостью решены в полном объеме, и имеют существенное значение для развития материалов для трубной промышленности.

Диссертация соответствует отрасли технических наук, а именно пунктам 1 - «Разработка новых металлических, неметаллических и композиционных материалов, в том числе капиллярно-пористых, с заданным комплексом свойств путем установления фундаментальных закономерностей влияния дисперсности, состава, структуры, технологии, а также эксплуатационных и иных факторов на функциональные свойства материалов», 3 – «Разработка научных основ выбора металлических, неметаллических и композиционных материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации деталей, изделий, машин и конструкций» и 10 – «Разработка способов повышения коррозионной стойкости металлических, неметаллических и композиционных материалов в различных условиях эксплуатации» паспорта специальности 2.6.17 – Материаловедение.

Содержание автореферата Гусева А.А. соответствует содержанию диссертации.

Основное содержание работы опубликовано в 6 научных работах, из которых 3 статьи в журналах, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ и включенных в базу данных цитирования Web of Science и Scopus.

На основании вышеописанного считаю, что диссертационная работа «Особенности структурно-фазового состояния и свойств коррозионно-стойких сталей мартенситного и переходного классов для высокопрочных труб» является законченной научно-квалификационной работой и полностью удовлетворяет требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых

степеней в УРФУ, а ее автор, Гусев Алексей Антонович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение.

**Официальный оппонент:**

Старший научный сотрудник лаборатории технической диагностики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт машиноведения имени Э.С. Горкунова Уральского отделения Российской академии наук (ИМАШ УрО РАН)

к. т. н.



Путилова Евгения Александровна

« 13 » мая 2024 г.

620049, Россия, г. Екатеринбург, ул. Комсомольская, 34  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт машиноведения имени Э.С. Горкунова Уральского отделения  
Российской академии наук (ИМАШ УрО РАН)  
Тел. +7(343) 3744725  
E-mail: tuevaevgenya@mail.ru

ПОДПИСАНО  
Зам. дир. по науч. раб.



ПРОВЕРЯЮ  
Иванцев И.С.

