

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям
Федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет»



[Signature]
В.Н. Коротаев

февраля 2022 г.

М.П.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» на диссертацию Кузнецовой Аллы Сергеевны на тему: «Формирование структуры и свойств экономнолегированных высокопрочных хладостойких сталей 20Г2СМРА и 16ГНТРА для тяжелой подъемно-транспортной техники», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность темы диссертационного исследования

Диссертационная работа Кузнецовой А.С. посвящена решению актуальной проблемы, связанной с разработкой и выбором наиболее экономичных химических составов высокопрочных хладостойких сталей, предназначенных для тяжелой подъемно-транспортной техники.

Развитие транспортного машиностроения приводит к увеличению спроса на материалы, обладающие повышенной прочностью, твердостью, гарантированной низкотемпературной ударной вязкостью и удовлетворительной свариваемостью. Применение таких материалов позволяет снизить металлоемкость конструкций, увеличить их эксплуатационную надежность и долговечность. Вместе с тем важным условием со стороны предприятий машиностроительного комплекса остается снижение себестоимости готового металлопроката. Однако одновременное снижение себестоимости и достижение сложносочетаемого комплекса свойств продукции является весьма затруднительным. Актуальность темы диссертационного исследования определяется необходимостью поиска решений указанных проблем, а также её соответствием отраслевым приоритетам, направленным на эффективное использование и развитие ресурсной базы Арктической зоны страны.

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»	
за № _____	_____
Дата регистрации	<i>22.02.2022</i>
Фамилия регистратора	_____

Решаемые в диссертационной работе задачи и научные результаты, полученные Кузнецовой А.С., имеют важное значение для обеспечения эффективной работы тяжелой подъемно-транспортной техники, эксплуатируемой в условиях низких климатических температур, а также для обеспечения конкурентоспособности и импортозамещаемости металлопродукции.

Оценка содержания и структуры диссертационной работы

Все представленные материалы оформлены в соответствии с требованиями, предъявляемыми к оформлению диссертаций и других документов на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Автореферат и опубликованные работы в полной мере отражают содержание основных разделов диссертации.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Текст диссертации изложен на 137 страницах текста (без приложений) и содержит 45 рисунков, 25 таблиц, список использованных источников из 164 наименований. Акты внедрения и использования в учебном процессе представлены в двух приложениях на 3 страницах.

Во **введении** показана актуальность темы работы, цель и задачи исследований, научная новизна и практическая значимость, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробации результатов.

В **первой главе** выполнен анализ научно-технической литературы, касающейся требований, предъявляемых к комплексу свойств листового проката классов прочности 700 и 900 МПа для тяжелой подъемно-транспортной техники, эксплуатируемой в условиях низких климатических температур. Осуществлен обзор вариантов легирования сталей аналогичного назначения. Рассмотрено влияние режимов термической обработки на структуру и свойства сталей в зависимости от содержания углерода и легирующих элементов. Корректно сформулированы цель диссертационной работы и задачи исследования.

Во **второй главе** приведены основные методики и оборудование, применяемые при выполнении комплексных исследований структуры и свойств стали.

В **третьей главе** осуществлен выбор наиболее экономичных химических составов стали классов прочности 700 МПа и 900 МПа путем последовательного варьирования содержания легирующих элементов с оценкой уровня механических характеристик, соответствия углеродному эквиваленту и учетом себестоимости стали.

В **четвертой главе** для выбранных химических составов сталей 20Г2СМРА и 16ГНТРА по результатам комплексного дилатометрического и металлографического анализов, а также измерения твердости были установлены закономерности структурно-фазовых превращений, происходящих в сталях 20Г2СМРА и 16ГНТРА при непрерывном охлаждении, и построены термокинетические диаграммы распада переохлажденного аустенита.

Пятая глава посвящена поиску режимов термической обработки, обеспечивающих достижение наилучшего сочетания высоких значений прочностных характеристик и хладостойкости. В работе подробно описана и проиллюстрирована микроструктура сталей после закалки и отпуска. По результатам исследований разработаны технологические рекомендации для промышленного производства новых экономнолегированных высокопрочных хладостойких сталей 20Г2СМРА и 16ГНТРА в ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ПАО «ММК»).

В заключении сформулированы обобщающие результаты и выводы по выполненному исследованию.

Структура диссертации сформирована в соответствии с поставленными задачами.

Научная новизна работы. Автором получены следующие наиболее важные, новые научные результаты:

- обоснован выбор экономичных химических составов высокопрочных хладостойких сталей, обеспечивающих достижение классов прочности 700 МПа и 900 МПа, с учетом выполнения требований по углеродному эквиваленту и себестоимости стали.

- для новых сталей 20Г2СМРА и 16ГНТРА впервые построены термодинамические диаграммы распада переохлажденного аустенита, отражающие влияние скорости охлаждения на структурно-фазовые превращения, положения критических точек и твердость формирующихся структур.

- на основании полученных данных об особенностях формирования структуры и свойств новых сталей определены режимы упрочняющей термической обработки, обеспечивающие получение регламентируемого комплекса свойств для разрабатываемых сталей.

- показано, что в стали 20Г2СМРА комплекс свойств, соответствующий классу прочности 700 МПа, обеспечивается после закалки от температуры 860° за счет формирования преимущественно мелкодисперсного реечного мартенсита с небольшими прослойками остаточного аустенита; и последующего отпуска при температуре 600°С – субзернистой структуры α -фазы и высокодисперсных карбидных частиц.

- установлено, что достижение класса прочности 900 МПа в стали 16ГНТРА обеспечивается после закалки от температуры 850°С путем формирования структуры мелкодисперсного реечного мартенсита с небольшими прослойками остаточного аустенита.

Практическая значимость работы. Значимость для производства заключается в следующем:

- разработаны новые импортозамещающие экономнолегированные хладостойкие стали 20Г2СМРА и 16ГНТРА классов прочности 700 МПа и 900 МПа, соответственно.

- разработаны технологические рекомендации для промышленного производства листового проката из новых сталей в ПАО «ММК». Освоенные

стали в настоящее время реализуются под собственным брендом ПАО «ММК» MAGSTRONG.

Обоснованность и достоверность научных результатов

Экспериментальные исследования выполнены с применением современных методов анализа структуры и свойств. Достоверность научных результатов, полученных в лабораторных условиях, подтверждена положительными результатами испытаний опытных партий, произведенных по разработанным рекомендациям в условиях ПАО «ММК».

Рекомендации по использованию работы

Результаты диссертационной работы рекомендуется использовать на металлургических предприятиях, изготавливающих горячекатаный толстолистовой прокат: ПАО «Северсталь», ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», ПАО «Челябинский металлургический комбинат», АО «Выксунский металлургический завод», ПАО «ММК» и др.

Результаты, полученные Кузнецовой А.С. в диссертационном исследовании, будут полезны в образовательном процессе технических университетов при подготовке специалистов по направлениям «Материаловедение и технологии материалов» и «Металлургия», а также при выполнении научно-исследовательских работ обучающимися.

Замечания по диссертационной работе

1. В работе разработаны и исследованы новые экономнолегированные высокопрочные хладостойкие стали для тяжелой подъемно-транспортной техники. В связи с этим вызывает недоумение отсутствие у автора диссертации патентов на эти стали.

2. На рисунках 4.5 и 4.9, отражающих термокинетические диаграммы превращения переохлажденного аустенита стали 20Г2СМРА и 16ГНТРА, соответственно, имеется линия, упирающаяся в уровень твердости 264 HV для стали 20Г2СМРА и 262 HV для стали 16ГНТРА. При этом отсутствует пояснение, какое превращение происходит по этой линии?

3. По тексту диссертации имеются несоответствия, требующие пояснения:

- несоответствие данных рисунка 4.4 и утверждения (стр. 75) о стопроцентном формировании мартенситной структуры при скорости охлаждения 80 °С/с;

- несоответствие некоторых данных таблицы 5.1 и рисунка 5.4.

4. В автореферат в последнее время обычно включают раздел «Степень разработанности проблемы», в котором перечисляют отечественных и зарубежных ученых, внесших наиболее значительный вклад в ее решение.

Указанные замечания не изменяют общей положительной оценки выполненного диссертационного исследования, результаты которого представляют непосредственный интерес для промышленных предприятий и исследователей, занимающихся вопросами разработки новых сталей с уникальным

комплексом механических свойств, соответствующих отраслевым приоритетам.

По актуальности темы, научной новизне, практической значимости, объему выполненных исследований представленная диссертация отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автореферат диссертации соответствует ее тексту и отражает содержание проведенных исследований и полученных результатов.

Полнота отражения основных положений диссертационного исследования в публикациях автора достаточная.

Выносимые автором на защиту результаты соответствует паспорту специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов: п. 1 «Изучение взаимосвязи химического и фазового составов (характеризуемых различными типами диаграмм), в том числе диаграммами состояния с физическими, механическими, химическими и другими свойствами сплавов», п. 2 «Теоретические и экспериментальные исследования фазовых и структурных превращений в металлах и сплавах, происходящих при различных внешних воздействиях» и п. 8 «Исследование работоспособности металлов и сплавов в различных условиях, выбор и рекомендация наиболее экономичных и надежных металлических материалов для конкретных технических назначений с целью сокращения металлоемкости, увеличения ресурса работы, повышения уровня заданных физических и химических характеристик деталей машин, механизмов, приборов и конструкций».

Основные положения работы представлены и обсуждены на международной молодежной научно-технической конференции Magnitogorsk Rolling Practice (2018, 2020 гг.), International Russian Conference on Materials Science and Metallurgical Technology (RusMetalCon 2020) (г. Челябинск, 2020 г.), международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы современной науки, техники и образования» (г. Магнитогорск, 2020, 2021 гг.), всероссийской научно-технической конференции «Вопросы металлостроения и термической обработки в машиностроении» (г. Москва, 2021 г.), международной научно-технической конференции «ПромИнжиниринг-2021» (ICIE-2021) (г. Сочи, 2021).

Общее заключение о диссертационной работе

Представленная к защите диссертация Кузнецовой Аллы Сергеевны на тему: «Формирование структуры и свойств экономнолегированных высокопрочных хладостойких сталей 20Г2СМРА и 16ГНТРА для тяжелой подъемно-транспортной техники» является законченной научно-квалификационной работой. Полученные результаты исследований представляют новые научно-обоснованные технические решения – экономически эффективные химические составы хладостойких сталей классов прочности 700 и 900 МПа и режимы их термической обработки, внедрение которых существенно повышает уровень потребительских свойств высокопрочного толстолистового проката, предназначенного для тяжелой подъемно-транспортной техники, эксплуатируемой в условиях низких климатических температур. Вместе с тем вносят

значительный вклад в развитие предприятий машиностроительного комплекса и способствуют повышению конкурентоспособности металлопродукции.

Диссертация отвечает требованиям, предъявляемых к кандидатским диссертациям, п. 9-11, 13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Кузнецова Алла Сергеевна, заслуживает присуждение ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Диссертационная работа А.С. Кузнецовой обсуждена, отзыв на нее утвержден на заседании кафедры «Металловедение, термическая и лазерная обработка металлов» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (протокол заседания № 9 от «02» февраля 2022 г.).

Профессор кафедры
«Металловедение, термическая
и лазерная обработка металлов»,
д-р техн. наук, профессор
(05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы)

Шацов Александр Аронович

614990, Пермский край, г. Пермь,
Комсомольский проспект, д.29.
Тел.: +7 (342) 2-198-021
E-mail: mto@pstu.ru

Подпись Шацова А.А. заверяю:

Специалист по
персоналу УК
Р.И. Мисбахова

