

ОТЗЫВ

Официального оппонента к.т.н., начальника отдела труб энергетического комплекса и специальных видов труб (г. Челябинск) ПАО «ТМК» Маковецкого Александра Николаевича на диссертационную работу Кузнецовой Аллы Сергеевны на тему: «Формирование структуры и свойств экономнолегированных хладостойких высокопрочных сталей 20Г2СМРА и 16ГНТРА для тяжелой подъемно-транспортной техники», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка

Актуальность темы диссертационного исследования

В связи с необходимостью освоения природных богатств Арктики и северных регионов Российской Федерации одной из приоритетных задач является создание новых конкурентоспособных материалов, обеспечивающих эффективную работу тяжелой подъемно-транспортной техники в экстремальных условиях. Не вызывает сомнений высокая значимость данных работ.

К материалам для подъемно-транспортной техники, предназначенной для эксплуатации в условиях Арктики и северных регионов РФ предъявляются очень сложные и противоречивые требования. Необходимо одновременно обеспечить высокие требования к прочностным характеристикам металлопроката, твердости для обеспечения стойкости против износа в сочетании с низкотемпературной ударной вязкостью. Одновременно при этом стоит задача минимизации себестоимости предлагаемых технических решений. Поэтому актуальной является задача разработки оптимально легированных составов сталей и их режимов термической обработки.

Актуальность и значимость представленной к защите диссертационной работы определяет необходимость поиска решений вышеуказанных задач, основанных на использовании комплексного материаловедческого подхода, а именно:

- обоснованного выбора экономически эффективного легирующего состава стали, базирующегося на использовании механизмов мартенситного превращения и принципах рационального легирования;

- применении специально разработанных режимов термической обработки, обеспечивающих формирование микроструктуры с мелким аустенитным зерном.

Разработанные в диссертации Кузнецовой Аллы Сергеевны технологические решения позволят обеспечить трудно сочетаемый комплекс свойств, необходимый для эффективной работы тяжелой подъемно-транспортной техники, эксплуатируемой, в том числе, в условиях низких климатических температур.

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»	
дл №	_____
Дата регистрации	25.02.2022
Фамилия регистратора	_____

Дополнительно, актуальность работы подтверждается ее соответствием тематике комплексного проекта по разработке и внедрению инновационного процесса производства ультрахладостойкого наноструктурированного листового проката для импортозамещения материалов, в том числе из криогенных сталей, используемых в условиях сверхнизких критических температур, повышенной коррозионной активности, а также в арктических широтах (Договор от 03.03.2017 № 03.G 25.31.0235 ПАО «ММК» с Минобрнауки России, выполненный совместно с ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» на основании постановления Правительства РФ от 9 апреля 2010 г. № 218.), а также тематике, реализуемой при поддержке гранта Президента РФ по созданию новых конкурентоспособных материалов, обеспечивающих эффективную работу машиностроительного комплекса в экстремальных условиях Крайнего Севера (Соглашение №075-15-2020-205 от 17.03.2020 г. (вн. № МК-1979.2020.8)).

Структура и содержание диссертационной работы, ее завершенности и качества оформления. Соответствие публикаций и автореферата основным положениям диссертации

Рукопись диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников, изложена на 140 страницах (без приложений), содержит 45 рисунков, 25 таблиц, приложения на двух страницах.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации; в автореферате изложены основные идеи и выводы диссертации, показан вклад автора в проведенное исследование, степень новизны и практическая значимость результатов исследований.

Диссертация оформлена по общепринятой структуре.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, показана степень ее разработанности, сформулированы научная новизна и цель исследования, перечислены задачи исследования, сформулирована практическая значимость и положения, выносимые на защиту. Обоснована степень достоверности, указан личный вклад автора, приведены данные об апробации и внедрении результатов исследования

В первой главе приведены данные по состоянию вопроса и задачам исследования, проведен анализ литературных источников (рассмотрено 164 публикации) по тематике диссертации.

Во второй главе приведены основные методики и оборудование, применяемые при выполнении комплексных исследований и испытаний.

В третьей главе обоснован выбор базового химического состава для новых экономнолегированных сталей, применяемых в изготовлении тяжелонагруженных сварных конструкций подъемно-транспортной техники

В четвертой главе с целью эффективного управления свойствами новых сталей 20Г2СМРА и 16ГНТРА приведены результаты исследования структурно-фазовых превращений при распаде переохлажденного аустенита

В пятой главе описаны результаты экспериментов по поиску температурных режимов закалки и отпуска, рациональных с точки зрения достижения наилучшего сочетания прочностных характеристик и хладостойкости.

В заключении сформулированы основные выводы по результатам диссертационной работы.

В приложениях приведены акт внедрения результатов диссертационной работы на ПАО «ММК» и акт об использовании в учебном процессе результатов диссертационной работы в ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова»

Полученные в диссертационной работе результаты свидетельствуют о достижении поставленных целей и решении сформулированных задач. **Достоверность** обеспечена использованием общепризнанных и проверенных методов испытаний и исследований. Результаты проведенных исследований опубликованы в 7 статьях в журналах из перечня ВАК.

Научная новизна и практическая значимость результатов диссертационных исследований. Автором обоснованы выбор системы экономного легирования борсодержащих сталей 20Г2СМРА и 16ГНТРА. Необходимо отметить, что автором диссертации предложен экономичный режим термической обработки стали 16ГНТРА, включающий закалку без отдельного отпуска. Исследованы фазовые и структурные превращения, их связь с механическими свойствами, построены термокинетические диаграммы превращения. Изучено влияние температуры нагрева новой стали 16ГНТРА на рост зерна аустенита. На основе выявленных зависимостей свойств от микроструктуры разработаны режимы закалки и отпуска стали 20Г2СМРА и закалки 16ГНТРА. Автором

диссертационной работы путем применения современных методов растровой и просвечивающей электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа установлены особенности микроструктуры и условиях их получения, обеспечивающие комплекс свойств, требуемый для производства высокопрочного листового проката с минимальным гарантированным временным сопротивлением 700 и 900 МПа, эксплуатируемого в условиях низких климатических температур. На основе разработанных рекомендаций на ПАО «ММК» внедрена технология производства листового проката сталей 20Г2СМРА и 16ГНТРА. Листовой прокат, произведенный по разработанной технологии удовлетворяет современным требованиям и не уступает импортным аналогам по себестоимости производства.

В целом работа обладает научной новизной и практической значимостью, выполнена на высоком методическом и теоретико-экспериментальном уровне.

Диссертация написана грамотным языком, оформлена в соответствии с установленными требованиями. Содержание работы соответствует паспорту специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов. Личный вклад автора не вызывает сомнений.

Замечания

1. В литературном обзоре (примечания под табл. 1.2, 1.3) приведены формулы для оценки углеродного эквивалента. Приведенные формулы не учитывают влияния бора на свариваемость. Вероятно, такие технические требования выдвинуты потребителем продукции, но корректно ли это? Не стоит ли провести оценку свариваемости с учетом влияния бора? Например, известная формула Ito-Bessyo, учитывает влияние бора на склонность стали к образованию холодных трещин после сварки.
2. В разделе 3.1 предложено для максимального связывания азота и повышения эффективности легирования бором вводить в состав стали в количестве $Ti \geq 3,42N$. Такое легирование действительно приведет к связыванию азота, но рационально ли оно? Согласно современным представлениям («Influence of Al and Nb on Optimum Ti/N Ratio in Controlling Austenite Grain Growth at Reheating Temperatures» M. CHAPA, S. F. MEDINA, V. LÓPEZ and B. FERNÁNDEZ. ISIJ International, Vol. 42 (2002), No. 11, pp. 1288–1296), введение титана в количестве, превышающем стехиометрическое не оптимально с точки зрения максимального измельчения зерна аустенита. Аналогичное мнение высказано в монографии Эфрона Л.И.

«Металловедение в большой металлургии. Трубные стали». М.: Металлургиздат, 2012. На стр 418 дано описание механизма роста зерна при отношении Ti/N свыше стехиометрического. «При дальнейшем повышении содержания титана в стали формируется фаза TiC, имеющая более низкую температуру растворения, и не обеспечивающая дополнительного эффекта в присутствии фазы TiN, при этом в связи с изменением соотношения титана и азота при высоких температурах изменяется характер образования нитрида титана — при постоянной его объемной доле увеличивается количество крупных (≥ 1 мкм) частиц, не оказывающих влияния на процесс роста зерна и уменьшается доля мелких частиц».

3. Автор диссертации, описывая этап лабораторных экспериментов (табл. 3.1, 3.4) не приводит данные о содержании азота в лабораторных плавках. Возможно, что понимание фактически достигнутого отношения Ti/N могло бы пролить свет на нестабильное поведение работы удара KV-40 (рис. 3.2).
4. В разделе 5.3, посвященном исследованию влияния режимов термической обработки на микроструктуру и свойства высокопрочной стали 16ГНТРА автор диссертации отмечает бейнитную структуру в горячекатаном состоянии. Это, по мнению В.Д.Садовского (В.Д.Садовский. Структурная наследственность в стали. М.:Металлургия, 1973, см. стр. 119), означает возможность структурной наследственности. Согласно экспериментальным данным автора при нагреве аустенитное зерно образуется довольно мелкое (19-25мкм), но все же остается неопределенность с возможностью проявления структурной наследственности. Ответа на вопрос о возможности и условиях проявления структурной наследственности автор не приводит.
5. В разделе 5.3 автором подробно исследована микроструктура и механические свойства стали 16ГНТРА после закалки в воде. Показано, что требуемый комплекс свойств (предел текучести, временное сопротивление, относительное удлинение, ударная вязкость, твердость) обеспечивается после закалки. Но поскольку толщина листового проката, подвергаемого закалке, может достигать 20мм, то на свойства могут оказывать влияние термические напряжения, обусловленные градиентом температур при охлаждении. С целью дальнейшего повышения ударной вязкости термические напряжения могли бы сниматься низким или средним отпуском. Не следовало ли дополнить разработанную технологию закалки низким или средним отпуском и изучить их влияние на свойства стали 16ГНТРА?

Все высказанные вопросы ни в коей мере не снижают высокую научную и практическую значимость диссертации.

Заключение

Диссертация Кузнецовой А.С. «Формирование структуры и свойств экономнолегированных хладостойких высокопрочных сталей 20Г2СМРА и 16ГНТРА для тяжелой подъемно-транспортной техники» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой разработаны принципы легирования и выбраны экономнолегированные составы сталей для производства листового проката, обеспечивающие достижение минимально гарантированного временного сопротивления 700 и 900 МПа в сочетании с требуемой хладостойкостью и требуемые режимы термической обработки.

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 года №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Кузнецова Алла Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 - Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Официальный оппонент

Кандидат технических наук,

начальник отдела труб энергетического комплекса

и специальных видов труб (г. Челябинск)

ПАО «ТМК»

Маковецкий Александр Николаевич

«25» февраля 2022

Шифр научной специальности: 05.16.01 –Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

454129, г. Челябинск, Ул. Машиностроителей ул., д.21.

Моб.тел.+79124795062

e-mail:a.makovetskiy@chelpipegroup.com

Подпись и данные места работы Маковецкого А.Н. заверяю:

