

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д411.006.01
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ «ПРОМЕТЕЙ» ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело N _____

решение диссертационного совета от 10 декабря 2014 г. N 43д

О присуждении **Коротовской Светлане Владимировне**, гражданке России, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка технологии термомеханической обработки, обеспечивающей унификацию судостроительных и трубных сталей по химическому составу за счет формирования ультрамелкозернистой и субмикроструктурной структуры» по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» принята к защите 10 октября 2014 г., протокол N 40д диссертационным советом Д411.006.01 на базе Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» Министерства образования и науки Российской Федерации, 191015, Санкт-Петербург, улица Шпалерная, дом 49, созданным приказом Минобрнауки России №105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Коротовская Светлана Владимировна 1984 года рождения в 2007 году окончила Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (СПбГПУ), в июле 2014 г. окончила обучение в аспирантуре при ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», работает в должности инженера 1 категории в Федеральном государственном унитарном предприятии «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории металловедения конструкционных и наноструктурированных сталей научно-производственного комплекса №3

«Корпусные стали» в Федеральном государственном унитарном предприятии «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель - доктор технических наук Орлов Виктор Валерьевич – работает в научно-производственном комплексе №3 «Корпусные стали» Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» в должности первого заместителя начальника НПК-3 по научной работе.

Официальные оппоненты:

Титова Татьяна Ивановна - доктор технических наук, генеральный директор ООО «Территориальная компания «ОМЗ-Ижора» и

Ильинский Вячеслав Игоревич - кандидат технических наук, главный специалист по исследованиям инженерно-технологического центра ОАО «Выксунский металлургический завод» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии имени И.П. Бардина», г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном заместителем председателя НТС ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина», научным руководителем, кандидатом технических наук Юрием Дмитриевичем Морозовым и ученым секретарем НТС ФГУП «ЦНИИ чермет им. И.П.Бардина», ведущим научным сотрудником, кандидатом технических наук Ольгой Викторовной Ливановой указали, что новые научные данные, полученные диссертантом, имеют существенное значение для науки и техники и позволяют повысить конкурентоспособность продукции ОАО «ММК» на внутреннем и внешнем рынках.

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, из них по теме диссертации опубликовано 15 работ, в том числе 6 статей опубликованных в рецензируемых научных изданиях общим объемом 64 печатные страницы, авторский вклад составляет от 30 до 80% объема статьи.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Коротовская С.В., Орлов В.В., Хлусова Е.И. Влияние дробности деформации на формирование ультрамелкозернистой структуры в низкоуглеродистых

низколегированных сталях // **Металлург**, № 11, 2013, с. 78-82.

2. Коротовская С.В., Орлов В.В., Хлусова Е.И. Способы формирования ультрамелкозернистой и субмикроструктурной структуры в феррито-бейнитной стали // **Производство проката**, №10, 2013, с. 6-16.

3. Коротовская С.В., Орлов В.В., Хлусова Е.И. Управление процессами структурообразования при термомеханической обработке судостроительных и трубных сталей унифицированного химического состава // **Металлург**, № 5, 2014, с.71-78.

4. Коротовская С.В., Хлусова Е.И., Орлов В.В., Круглова А.А. Влияние морфологии структурных составляющих на механические свойства бейнитной стали для магистральных трубопроводов категории прочности K65 (X80) // **Проблемы черной металлургии**, №4, 2010, с.24-30.

5. Коротовская С.В., Нестерова Е.В., Хлусова Е.И., Орлов В.В. Влияние параметров пластической деформации на формирование ультрамелкозернистой структуры в низколегированных бейнитных сталях // **Вопросы материаловедения**, №1, 2011, с 100-109.

6. Коротовская С.В., Хлусова Е.И., Орлов В.В., Круглова А.А. Сравнительные исследования фазовых превращений, структуры и свойств марганцево-никелевой стали после закалки с отпуском и термомеханической обработки. // **Проблемы черной металлургии**, №4, 2010, с.60-67.

7. Патент № 2426800. Способ производства штрипса для труб магистральных трубопроводов // Горынин И.В., Малышевский В.А., Хлусова Е.И., Орлов В.В., Ермакова С.В. и др. Бюллетень изобретений № 17 от 20.08.2011.

На диссертацию и автореферат поступили 14 отзывов, все положительные. Отзывы поступили от следующих предприятий:

ЗАО «Научно-производственное объединение специальных материалов» (г.Санкт-Петербург); Федерального автономного учреждения «Российский морской регистр судоходства» (г.Санкт-Петербург); ОАО «Уральская сталь» (г.Новотроицк); ОАО «Центральный научно-исследовательский институт материалов» (г.Санкт-Петербург); ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» (г.Санкт-Петербург); ООО «ОМЗ-Спецсталь» (г.Санкт-Петербург, Колпино); ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет» (г.Санкт-Петербург); ФГУП

«Крыловский государственный научный центр» (г.Санкт-Петербург); ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта» (г.Санкт-Петербург); ОАО «Магнитогорский Металлургический Комбинат» (г.Магнитогорск); ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (г.Москва); ФГБУН «Институт физики металлов имени М.Н.Михеева Уральского отделения Российской академии наук» (г.Екатеринбург); Объединенной судостроительной корпорации «Балтийский завод - судостроение» (г.Санкт-Петербург); ФГБАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» (г.Санкт-Петербург).

Все отзывы положительные, в них подтверждается актуальность проведенной работы и дается высокая оценка научной новизне и ее практической значимости. В диссертационном исследовании лично автором впервые получены новые научные результаты:

- комплекс механических свойств композиции металлов, унифицированной с судостроительными и трубными сталями, достигаемый путем управляемого варьирования технологических режимов чистовой стадии проката.

- метод определения пороговых термических и динамических воздействий при рекристаллизации низколегированных и низкоуглеродистых сталей;

- имитационная модель механизма получения ультрамелкозернистой и субмикрокристаллической структуры материалов конечных изделий.

Поставленные в работе задачи по определению условий формирования ультрамелкозернистой и субмикрокристаллической структуры и разработке технологических режимов термопластической обработки судостроительных сталей с пределом текучести 420-460 МПа, унифицированных по химическому составу с трубными сталями категории прочности K65, успешно решены.

По автореферату сделаны следующие замечания:

ОАО «Центральный научно-исследовательский институт материалов»

В выводе 8 говорится о стойкости стали к коррозионному растрескиванию, но в автореферате не приведены результаты исследований.

ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

Не ясно:

- каким образом измельчение аустенита наследуется после

полиморфного превращения конечной структурой, и в какой степени;

- выбор микролегирующих элементов обоснован стехеометрически или производился на базе каких то других исследований?

ООО «ОМЗ-Спецсталь», ОАО «Уральская сталь»

- не ясно, делал ли автор исследования для обоснования всех технологических стадий термомеханической обработки (нагрев, черновая стадия, толщина подката) или разрабатывали только режим чистовой стадии прокатки и ускоренного охлаждения, а остальные использовались, как для трубного проката.

- не приведены сравнительные данные по производительности стана при использовании новой технологии и ее стабильности по сравнению с классически применяемыми способами производства судостроительной стали;

- не ясно, какую температуру оценивает автор работы (среднемассовую или поверхностную) при разработке режимов термомеханической обработки применительно к промышленному опробованию.

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

Не ясно, проводились ли исследования длительной надёжности стали, такие, как старение при разных температурах и степенях деформации и циклические испытания.

ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

Из недостатков следует выделить отсутствие в автореферате исследований качества зоны термического влияния, в том числе, ее хладостойкости и трещиностойкости.

ФАУ «Российский морской регистр судоходства», ЗАО «Научно-производственное объединение специальных материалов», ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта»

- Отсутствуют данные по исследованию качества и технологичности металла при гибке для судостали и трубного передела для штрипса.

- недостаточно ясно, в какой мере проводилась исследование возможности унификации процессов получения иных видов сталей на этапе чистовой обработки проката.

- разработанная сталь марки РСЕ460W относится к хладостойким сталям высокой прочности. Аналогами являются применяемые стали марок: Е460W по ГОСТ Р 52927-2008 и Е450СВ по ТУ5.961-11679-2005, ТУ5.961-11845-2004 поставки ОАО «СеверСталь». На стр. 6 автореферата, в п. 2 раздела «Практическая значимость»

автореферата, указано, что разработаны и утверждены технические условия, распространяющиеся на технологический процесс изготовления горячекатанного листового проката толщиной от 8 до 50 мм из новой разработанной автором стали высокой прочности для судостроения, однако не указан номер ТУ, по которым будет поставляться новая сталь и чем новая сталь будет отличаться от применяемых, кроме сниженного содержания никеля.

- в автореферате не указано, предполагается ли замена применяемых марок стали на новую или новая сталь будет выпускаться в дополнение к имеющимся. Также, не указано планируется ли выпуск новой стали другими предприятиями, кроме ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». В частности, в автореферате указано, что формирование квазиоднородной развитой субзеренной структуры по толщине проката листовой стали возможно вплоть до толщины листа 50 мм (см. стр. 15 автореферата), однако, согласно таблицы 1 ГОСТ Р 52927-2008 (см. стр. 5), прокат высокопрочной хладостойкой стали марок D460W, E460W, F460W с пределом текучести 460 МПа поставляется в диапазоне толщин от 7,5 до 70 мм. Таким образом, разработанная новая сталь не сможет полностью заменить уже выпускаемые марки стали.

- не приведено исследование влияния измельчающих зерно химических элементов (ниобий, ванадий, алюминий, титан) на свойства стали и не сделан вывод относительно возможности снижения их содержания за счет получения ультрамелкозернистой и субмикрокристаллической структуры: в разработанной стали по сравнению с применяемой суммарное содержание ниобия и ванадия практически не изменилось (см. таблицу 2 на стр. 16 автореферата).

- в автореферате не приведен экономический эффект от внедрения новой стали. По видимому, он будет получен за счет уменьшения в стали содержания дорогостоящих легирующих элементов (количество никеля снижается в 2,5-3 раза) при усложнении технологии прокатки стали. Здесь автору следовало бы рассмотреть размер денежной экономии: если она в сравнении со стоимостью стали невелика, то следовало бы сосредоточиться на качестве стали и рассмотреть риски влияния пониженного уровня культуры производства на качество стали при усложнении технологии прокатки листов.

- в автореферате не приведены данные об исследованиях работоспособности металлоконструкций из новой стали, если таковые были изготовлены (прочность, усталостная прочность, ползучесть, трещиностойкость и пр.). Как минимум,

следовало бы изготовить сварные узлы металлоконструкций и испытать сварной шов на разрыв и загиб, особенно зону термического влияния, а также выполнить испытания на малоцикловую усталостную прочность сварных соединений.

ОАО «Магнитогорский Металлургический Комбинат»

1. Из автореферата не ясен принцип выбора скоростей охлаждения при ускоренном охлаждении.
2. Есть ли требования к минимальной толщине исходной заготовки (толщине сляба)?

ФГАОУ ВПО Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

- в ряде случаев отсутствуют статистические оценки результатов, например, это существенно при сопоставлении средних значений CTOD(табл.4 автореферата), где обычно наблюдается значительный разброс результатов;

- было бы полезным уделить большее внимание фрактографическому анализу, не ограничиваясь только соблюдением стандартных требований к излому. Разнородные структуры имеют различную сопротивляемость разрушению, это находит свое отражение в изломе, поэтому анализ их строения важен для выявления критических параметров структуры, определяющих технологически неоднородность вязкости;

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается широкой известностью, своими достижениями и компетентностью в отрасли науки и наличием у специалистов публикаций в сфере исследований, которой посвящена диссертация.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработаны технологические режимы изготовления листового проката для судостроения, унифицированного по химическому составу с трубными сталями, обеспечивающие измельчение структуры до ультрамелкозернистого и субмикроструктурного размеров, что позволило снизить себестоимость стали.

Предложен способ измельчения структуры в конструкционных сталях до размера преимущественно 2-4 мкм в листовом прокате толщиной до 50 мм, реализуемый в промышленных условиях посредством назначения прецизионных режимов

горячей пластической деформации, учитывающих дробность деформации при температурах ниже температуры рекристаллизации, что обеспечило высокую способность стали сопротивляться хрупким разрушениям при низких температурах.

Доказана перспективность и целесообразность реализации предложенных технологических решений при производстве листового проката с ультрамелкозернистой структурой, позволяющих снизить уровень легирования и унифицировать судостроительные и трубные стали по химическому составу.

Представленные на защиту основные положения содержат научную новизну:

Показано, что требуемый комплекс механических свойств судостроительных сталей с пределом текучести 420-460 МПа толщиной до 50 мм и трубных сталей с пределом текучести 550-620 МПа толщиной до 27,7 мм достигается при изготовлении из слэбов унифицированного химического состава за счет варьирования технологических режимов на чистовой стадии прокатки.

Установлено, что при сниженном содержании основных легирующих элементов в судостроительной стали с пределом текучести 420-460 МПа формирование квазиоднородной структуры по толщине проката после термомеханической обработки с ускоренным охлаждением обеспечивается за счет строгой регламентации схемы деформации при температуре ниже температуры рекристаллизации на 150-200°C.

Показано, что при пониженном содержании легирующих элементов формирование феррито-бейнитной структуры с доминирующим размером структурного элемента 2-4 мкм обеспечивает достижение требуемых характеристик работоспособности в хладостойких судостроительных сталях с пределом текучести 420-460 МПа, причем структура характеризуется наличием малоугловых границ с разориентировками 8-10° в количестве 20-25%.

Предложен метод определения пороговых температуры и степени деформации динамической рекристаллизации низколегированных низкоуглеродистых сталей марганцевой композиции легирования по дилатометрическим кривым, основанный на определении повышения температуры начала $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения и изменения характера кинетики превращения после горячей пластической деформации.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Определены ключевые факторы технологии, варьирование которых позволяет на

стали одного и того же состава формировать различный комплекс механических свойств в высокопрочных сталях с феррито-бейнитной структурой и **установлены** количественные зависимости параметров структуры от схемы пластической деформации, легирования и микролегирования, полученные при **использовании** имитационного моделирования на дилатометре DIL 805 и пластометре GLEEBLE 3800 для исследования кинетики фазовых превращений при различных режимах деформации и современных методов исследования структуры (оптическая металлография, EBSD – анализ и просвечивающая электронная микроскопия).

Изучена связь предварительной горячей деформации и кинетики фазового превращения в сталях с разным уровнем легирования, на основе которой предложен метод определения пороговых температур и степеней деформации для протекания динамической рекристаллизации.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработана и внедрена сквозная технология производства листового проката толщиной до 50 мм из судостроительной стали с пределом текучести 420-460 МПа на ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» и представлен новый химический состав судостроительных сталей. Освоено промышленное производство судостроительных и трубных сталей из слэбов единого химического состава, что подтверждается актом внедрения и позволяет обеспечить импортозамещение судостроительных сталей

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

Все экспериментальные результаты получены на сертифицированном оборудовании с использованием методов имитационного моделирования технологических процессов на дилатометре DIL 805 и комплексе GLEEBLE 3800 и современных методик комплексного исследования структуры, механических свойств и характеристик работоспособности, показана воспроизводимость результатов исследования в промышленных условиях, подтвержденная положительными результатами испытаний при сертификации стали по требованиям Российского морского регистра судоходства.

Основные научные идеи, на основании которых разработаны режимы для промышленного производства судостроительной стали, унифицированной по химическому составу с трубными сталями, базируются на большом объеме проведенных лабораторных и промышленных экспериментов.

Личный вклад автора состоит в:

1. Исследовании кинетики фазовых превращений и структурных изменений в низколегированных низкоуглеродистых сталях с феррито-бейнитной структурой под влиянием деформации;
2. Обосновании и выборе химического состава для унификации трубной и судостроительной стали;
3. Исследовании влияния параметров горячей пластической деформации на морфологию структурных составляющих, размер и разориентировку структурных элементов в низколегированных низкоуглеродистых сталях;
4. Проведении имитационного моделирования на пластометре GLEEBLE 3800 специальной термомеханической обработки с целью получения ультрамелкозернистой и субмикроструктурной структуры;
5. Разработке технологии производства судостроительной стали с пределом текучести 420-460 МПа с применением двухстадийной термомеханической обработки с ускоренным охлаждением;
6. Авторском надзоре за изготовлением по разработанным режимам листового проката и проведения сертификационных испытаний;
7. Подготовке всех публикаций по выполненной работе.

На заседании 10 декабря 2014г. диссертационный совет Д411.006.01 принял решение **присудить Коротовской Светлане Владимировне ученую степень кандидата технических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 19, против - нет, недействительных бюллетеней - 1.

Заместитель председателя
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

Орыщенко Алексей Сергеевич

Малышевский Виктор Андреевич

10.12.2014 г.