

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.111.05,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «МАГНИТОГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Г.И. НОСОВА», МИНИСТЕРСТВО  
НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от «25» мая 2021 г. №7

О присуждении Кожевниковой Елене Васильевне, Российская Федерация, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Изучение трансформации структурно-фазового состава толстолистового проката из низколегированных сталей для обеспечения потребительских свойств» по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов принята к защите 11.03.2021 г., протокол № 3, диссертационным советом Д 212.111.05, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, приказ № 717/нк от 09.11.2012 г.

Соискатель Кожевникова Елена Васильевна, 1983 года рождения, в 2005 году окончила государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

В период подготовки диссертации соискатель Кожевникова Елена Васильевна с 2007 г. по 2011 г. обучалась в заочной аспирантуре по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, работает инженером-исследователем в ООО «Исследовательско - технологический центр «АУСФЕРР» (г. Магнитогорск).

Диссертация выполнена на кафедре «Литейных процессов и материаловедения», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, Завалицин Александр Николаевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», кафедра литейных процессов и материаловедения, профессор.

Официальные оппоненты:

Крылова Светлана Евгеньевна, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», кафедра материаловедения и технологии материалов, профессор,

Перцев Алексей Сергеевич, кандидат технических наук, АО «Пермский научно-исследовательский технологический институт», заместитель главного металлурга дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет), г. Челябинск, в своем положительном отзыве, подписанном Винником Денисом Александровичем, доктором химических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Материаловедение и физико-химия материалов»; Окишевым Константином Юрьевичем, доктором физико-математических наук, доцентом, профессором кафедры «Материаловедение и физико-химия материалов», указала «...В диссертационной работе Кожевниковой Елены Васильевны «Изучение трансформации структурно-фазового состава толстолистового проката из низколегированных сталей для обеспечения потребительских свойств» решаются современные научно-технические задачи всестороннего изучения структурообразования толстолистового трубного проката категорий прочности К60 и К65 в процессе производства, что, несомненно, является актуальной проблемой. Диссертация Кожевниковой Елены Васильевны является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные разработки анализа структурных изменений низколегированных сталей в процессе производства и оценки химической и структурной неоднородностей в слябе и толстолистовом трубном прокате. Диссертационная работа соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении научных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842. Автор диссертационной работы - Кожевникова Елена Васильевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Соискатель имеет 24 опубликованные работы, в том числе, по теме диссертации опубликовано 22 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ. Авторский вклад соискателя объемом 4,23 п.л. в опубликованные работы общим объемом 11,77 п.л. состоит в участии в постановке цели и задач исследования, интерпретации полученных данных, в формулировании основных положений и выводов по результатам экспериментов, в подготовке публикаций по материалам работы. Сведения о публикациях соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации, достоверны.

Наиболее значительные работы по теме диссертации:

1. Кожевникова, Е.В. Анализ структурных изменений низколегированной стали при производстве листового проката из литой заготовки / Е.В. Кожевникова, А.Н. Завалицин // Вопросы материаловедения. – 2015. – №1(81). – С. 12- 19.

2. Влияние мягкого обжатия на структуру непрерывнолитого слитка и свойства проката микролегированной стали / А.Н. Завалищин, Е.В. Кожевникова, М.И. Румянцев, Д.Н. Чикишев, М.В. Ефремова // *Металлург.* – 2019. – № 3. – С. 23-30.

3. Причины образования полосчатости в сталях категории прочности К60 / А.Н. Завалищин, Е.В. Кожевникова, О.Н. Тулупов, М.И. Румянцев // *Черные металлы.* – 2020. – № 12. – С. 55-60.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (г. Нижний Новгород). Замечание: Не ясно как происходит количественная оценка «светлой» полосы в слябах без мягкого обжатия, поскольку автоматизированная оценка осевой зоны, выполняемая коммерческим программным продуктом – анализатором изображения, предусматривает измерение доли площади только темных пятен.

2. ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет» (г. Липецк) Замечания: 1. Соискателем разработана и предложена методика оценки структурной неоднородности по эталонной шкале для толстолистового проката категории прочности К60, однако не ясно, возможно ли применение данной методики для проката других категорий прочности? Замечание 2: К сожалению, в публикациях соискателя отсутствуют патенты на изобретения, хотя диссертация имеет выраженную практическую направленность.

3. НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» (г. Санкт-Петербург) Замечания: 1. В автореферате не представлены сравнительные фактические данные механических свойств в листовом прокате, изготовленном с помощью технологии мягкого обжатия и без него. 2. Трубные стали изготавливаются по технологии ТМО, использование дополнительной термообработки (закалки и отпуска) приведет к увеличению продолжительности цикла производства штрипса и его себестоимости. Повышения пластических свойств в трубной стали целесообразно добиваться за счет изменения схемы прокатки. 3. При исследовании прокаливаемости стали не понятно, на каком основании сделаны выводы о повышении вязкости и пластичности. При проведении данного исследования уместно было бы сделать заготовки для закалки и отпуска большого размера с дальнейшим определением сдаточных механических свойств.

4. АНО ДПО «КЦПК «Персонал» ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (г. Магнитогорск) Замечания: 1. Стр. 9, второй абзац – Наибольшее влияние на формирование структуры оказывает Mo, а не Nb в трубной стали категории прочности К65. 2. Стр. 14 – По опыту ПАО «ММК» при проведении термической обработки листы после ТМО значительно теряли процент волокна при испытании падающим грузом.

5. ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) (г. Челябинск). Без замечаний.

6. Металлографическая лаборатория (Центральная лаборатория комбината (ЦЛК)), ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (г. Магнитогорск) Замечания: 1. Недостаточно полно проведен анализ структур и нет связи структур и технологии. 2. При составлении оценки структурной неоднородности, вероятно,

изучался прокат с максимальной неоднородностью. Так как ничего не сказано про несоответствие свойств, можно сделать вывод, что при всех значения неоднородности прокат удовлетворяет требованиям НД. Соответственно практическое применение существующей методики пока недоработано.

7. ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (г. Уфа). Без замечаний.

8. ООО «ТУЛАЧЕРМЕТ-СТАЛЬ» (г.Тула). Замечания: 1. В работе говорится о влиянии технологии мягкого обжатия на степень развития ОХН непрерывнолитого сляба. Как было сказано выше, даже разработаны специальные шкалы оценки ОХН, вместе с тем из автореферата непонятна сама оценка степени воздействия мягкого обжатия на величину ОХН. Какую степень развития ОХН в баллах разработанной шкалы обеспечивает применение мягкого обжатия, иначе как тогда оценивалось его положительное воздействие на макростроение сляба. 2. В работе уделено большое внимание изучению макростроения готового проката, разработаны два типа шкал ее оценки. Вместе с тем, в автореферате не отражено, чем обусловлено образование разных типов ОСН проката типа С1 и С2. Это применение мягкого обжатия, влияние химического состава сталей, применяемых для категорий проката К60 и К65 или что-либо еще? Ну и как влияет, непосредственно, применение технологии мягкого обжатия при разливке стали на степень развития ОСН готового проката в баллах, конкретных данных также нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их достижениями в области металловедения и термической обработки, наличием у них научных исследований особенностей структурообразования и термической обработки металлов и сплавов, в частности, научные работы по исследованию структуры и механических свойств конструкционных сталей, изучению структуры трубной заготовки из стали 09Г2С после деформационно-термической обработки, исследованию микроструктуры и свойств трубных сталей нефтегазового сортамента, подвергаемых улучшению, а также исследованию дефектов горячекатаного листа из трубной стали, влиянию микролегирования стали 70ХЗГ2ВТБ на кинетику фазовых превращений, анализу кинетики бейнитного превращения стали 7533МФ, способностью определить и оценить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработано** научное обоснование трансформации структуры непрерывнолитого сляба из низколегированных сталей категорий прочности К60 и К65 в структуру толстолистового проката, предназначенного для магистральных трубопроводов, проявляющееся в наследовании уровня химической и структурной неоднородностей толстолистовым прокатом от непрерывнолитого сляба,

**предложен** нетрадиционный комплексный подход к исследованию структурно-фазового состава низколегированных сталей категорий прочности К60 и К65, заключающийся в изучении структур и установлении связи между ними на каждом этапе технологии производства на одних и тех же плавках и позволяющий иден-

тифицировать ферритно-бейнитные структуры с карбидными и нитридными выделениями в различных зонах непрерывнолитых слябов, ферритно-перлитные и ферритно-бейнитные структуры горячекатаного проката,

**доказано** наличие закономерностей формирования ферритно-мартенситной и ферритно-бейнитной полосчатости толстых листов из трубных сталей категорий прочности К60 и К65, являющейся следствием проявления ликвации в непрерывнолитом слябе, что сопровождается снижением вязкости горячекатаного проката,

**введены** новые представления о механизме образования структурной неоднородности, проявляющейся в формировании полосчатых ферритно-мартенситной и ферритно-перлитной структур в сечении толстолиствого проката.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказаны** положения о фазовых и структурных превращениях в непрерывнолитом слябе и в толстолистовом прокате и трансформации структур сляба в структуру проката, а также возможность оценки структурной неоднородности для исследованной группы сталей,

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован** комплекс металлографических методов исследования: световая, растровая и просвечивающая электронная микроскопии, микрорентгеноспектральный анализ и рентгеноструктурный анализ; фазовый анализ карбидного осадка, химический анализ элементов, механические испытания толстолиствого проката на растяжение, ударную вязкость, испытание падающим грузом, твердость и микротвердость,

**изложены** доказательства более высокой твердости мелкозернистой ферритной матрицы (HV 203-258), состоящей в совокупности из квазиполигонального феррита, границ и пограничных выделений по сравнению с бейнитной структурой (HV 187-195), формирующейся в толстолистовом прокате категории прочности К65; а также наследственной передачи крупных карбидных выделений с незначительным уменьшением их размеров в осевой зоне горячекатаного проката от непрерывнолитого сляба сталей категорий прочности К60,

**раскрыты** особенности формирования перлитной полосчатости в толстолистовом прокате из стали категории прочности К60, указывающие, что ее образование связано с перемещением плоского температурного фронта при охлаждении проката и  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращения после снижения температуры ниже критической, в результате которого аустенит превращается в феррит с диффузией углерода в более глубокий слой непревратившегося аустенита, стабилизируя его, с последующим перлитным превращением, что изменяет представления о влиянии междендритной ликвации на образование перлитной полосчатости,

**изучены** закономерности формирования структуры и изменения твердости в низколегированных сталях категорий прочности К60 и К65 после нагрева под закалку и отпуска на основе уточнения критических точек фазового  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращения, определена величина прокаливаемости (8-9 мм), установлены рациональные температуры закалки и отпуска сталей данных категорий прочности,

**проведена модернизация** методики контроля осевой химической неоднородности (ОХН) в темплете непрерывнолитого сляба низколегированных трубных сталях категорий прочности К60 и К65, заключающаяся в количественном определении величины ОХН, основанной на сравнении контролируемой макроструктуры с предложенной оцифрованной шкалой ОХН в программе анализа изображений, сформированной из реальных макроструктур темплетов сталей категорий прочности К60 и К65 с действительным изображением пятен ОХН.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

**разработаны и приняты к изучению для внедрения** в ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» методика определения величины осевой химической неоднородности в непрерывнолитом слябе низколегированных трубных сталях категорий прочности К60 и К65 и способ определения структурной неоднородности в толстолистовом прокате категории прочности К60 по эталонной шкале с пятиступенчатой градацией структуры, позволяющие спрогнозировать механические характеристики при формировании потребительских свойств толстолистового проката,

**определено** положительное влияние технологии мягкого обжатия непрерывнолитого сляба как способа повышения равномерности химического состава по его толщине, а также снижения осевой химической неоднородности и осевой рыхлости сляба, что способствует повышению вязкости толстолистового проката категорий прочности К60 и К65 из низколегированных марок стали за счет снижения структурной и химической неоднородностей в готовом прокате,

**создана** система практических рекомендаций для определения балла осевой химической неоднородности в темплете непрерывнолитого сляба из низколегированных трубных сталей категорий прочности К60 и К65 и контроля (оценки) осевой структурной неоднородности в толстолистовом прокате категории прочности К60,

**представлены** рекомендации по проведению термообработки трубного проката толщиной до 20 мм из низколегированных трубных сталей категорий прочности К60 и К65 в условиях ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ** использовано сертифицированное оборудование и показана воспроизводимость результатов исследования в условиях ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат», ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», Институт физики металлов им. М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук.

**теория** построена на известных достижениях металловедения и термической обработки, не противоречит их положениям и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по исследованию формирования структуры и свойств низколегированных сталей категорий прочности К60 и К65,

**идея базируется** на обобщении передового опыта производства толстого проката

для магистральных трубопроводов, анализе требований к низколегированным трубным сталям категорий прочности К60 и К65 и изучении структурного и фазового состава сталей данных категорий прочности,

**использованы** сравнения авторских экспериментальных данных и данных, полученных ранее при изучении структурно-фазового состава низколегированных сталей категорий прочности К60 и К65,

**установлено** качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в литературных источниках по исследованию структурно-фазовых превращений и свойств низколегированных сталей категорий прочности К60 и К65,

**использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации при анализе трансформации структуры в низколегированных сталях категорий прочности К60 и К65 от сляба к толстолистовому прокату на основе изучения проб и образцов от реальных плавок при установлении закономерностей формирования структурных составляющих по толщине горячекатаного листа после контролируемой прокатки и термообработки и определения размеров структурных элементов (номер ферритного зерна, номер бывших аустенитных зерен, размеры карбидных включений).

**Личный вклад соискателя состоит** в непосредственном участии в разработке идей, научной постановке цели и задач исследования, в организации и проведении экспериментов, анализе и интерпретации результатов, в формулировании основных положений, выводов и подготовке публикаций по результатам исследований. Все основные данные, приведенные в диссертации, получены лично автором или при его непосредственном участии.

На заседании 25.05.2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Кожевниковой Е.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 10 докторов наук по специальности 05.16.01, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 19, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель  
диссертационного совета



М.В. Чукин

Ученый секретарь  
диссертационного совета

М.А. Полякова

25.05.2021 г.