

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.401.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26 ноября 2024 года № 189

О присуждении Думовой Любови Валерьевне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и совершенствование ресурсосберегающей технологии выплавки и внепечной обработки рельсовой электростали повышенного качества» по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов принята к защите 05.09.2024 г. (протокол заседания № 188) диссертационным советом 24.2.401.01 на базе ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», Министерство науки и высшего образования РФ, 654007, Кемеровская область – Кузбасс, г. Новокузнецк, Центральный р-н, ул. Кирова, зд. 42; приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Думова Любовь Валерьевна «07» августа 1983 года рождения в 2017 г. окончила магистратуру ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» по направлению подготовки 22.04.02 Metallургия.

Работает в должности ведущего инженера Центра коллективного пользования «Материаловедение» Института металлургии и материаловедения ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет».

Диссертация выполнена на кафедре металлургии черных металлов и химической технологии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», Министерство науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Протопопов Евгений Валентинович, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», профессор кафедры металлургии черных металлов и химической технологии.

Официальные оппоненты:

Шешуков Олег Юрьевич, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», директор Института новых материалов и технологий;

Комолова Ольга Александровна, кандидат технических наук, ФГБУН «Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук», старший научный сотрудник лаборатории диагностики материалов дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, в своем положительном заключении, подписанном заведующим кафедрой пирометаллургических и литейных технологий, кандидатом технических наук, доцентом Гамовым Павлом Александровичем, главным научным сотрудником научно-исследовательской лаборатории водородных технологий в металлургии, доктором технических наук, профессором Рошиным Василием Ефимовичем и утвержденном первым проректором – проректором по научной работе, доктором технических наук, доцентом Коржовым Антоном Вениаминовичем, указала, что диссертация Думовой Л.В. удовлетворяет требованиям пункта 9 Положения о присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Думова Любовь Валерьевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Соискатель имеет 59 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 26 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ. В публикациях отражены основные научные результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации – 9,8 печатных листа. В публикациях, включенных в список основных по теме диссертации и подготовленных в соавторстве, вклад соискателя составляет 70%. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения о работах, опубликованных соискателем ученой степени.

Наиболее значительные работы по теме диссертации: 1) Исследование и совершенствование режимов продувки расплава рельсовой электростали в процессе обработки на агрегате «ковш-печь» / Л.В. Думова, Е.В. Протопопов, А.А. Уманский

// Вестник СибГИУ. – 2024. – №2. – С. 127-135; 2) Анализ процессов формирования металлургического качества железнодорожных рельсов из электростали / Л.В. Думова, Е.В. Протопопов, А.А. Уманский // Вестник СибГИУ. – 2023. – №3. – С. 47-57; 3) Численные исследования параметров теплообмена при инъекционной подаче порошков в расплав рельсовой стали в агрегате ковш – печь / Е.В. Протопопов, Л.В. Думова, И.В. Ноздрин, Н.А. Чернышева // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2022. – Т. 65. – № 10. С. 724-732; 4) Исследование комплексного влияния параметров выплавки рельсовой электростали на качество рельсовой продукции и технико-экономические показатели ее производства / А.А. Уманский, Л.В. Думова // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2018. – Т. 61. – №11. – С. 876-883.

На диссертацию и автореферат поступило 10 отзывов, все отзывы положительные, отмечена новизна, научная и практическая значимость работы.

Замечания в отзывах: 1) д.т.н., профессора, заведующего кафедрой металлургии стали, новых производственных технологий и защиты металлов ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» Дуба Алексея Владимировича и к.т.н., доцента кафедры металлургии стали, новых производственных технологий и защиты металлов ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» Котельникова Георгия Ивановича: (1. В автореферате не приведен фактический состав стали, в том числе по содержанию вредных примесей, что затрудняет анализ полученных закономерностей; 2. Содержание алюмосиликатов в ppm – не показательная характеристика, так как алюмосиликаты могут иметь переменный состав; 3. Не ясно, чем вызвана необходимость использования погружной фурмы на агрегате ковш-печь); 2) д.т.н., профессора, Заслуженного деятеля науки РФ, главного научного сотрудника лаборатории стали и ферросплавов ФГБУН «Институт металлургии уральского отделения РАН» Жучкова Владимира Ивановича, к.т.н., старшего научного сотрудника лаборатории стали и ферросплавов ФГБУН «Институт металлургии уральского отделения РАН» Кель Ильи Николаевича: (1. Согласно регрессионному уравнению 1 количество отбраковки стали напрямую зависит от содержания в ней серы и фосфора, однако предлагаемый к замене ферросплав марки FeMnSi30HP содержит большее количество серы и фосфора, чем используемый MnC17; 2. В качестве мероприятия по оптимизации состава металлошихты электроплавки рассматривается только определение оптимального соотношения

чугуна и металлического лома, а возможность применения других железосодержащих материалов, например, ГБЖ, по какой-то причине не вошла в предмет исследований); 3) д.т.н., профессора кафедры «Металлургия железа и сплавов» ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента РФ Б.Н. Ельцина» Загайнова Сергея Александровича (1. Из содержания автореферата непонятно выполнялся ли расчет материального и теплового баланса при оценке затрат на производство стали при различном соотношении чугуна и лома в шихте электросталеплавильной печи; 2. Также в качестве замечания можно отметить наличие непонятных терминов. Например, «Металлургическое качество рельсов»); 4) д.т.н., доцента, заместителя начальника научно-исследовательского центра АО «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат» Метелкина Анатолия Алексеевича: (1. Необходимо отметить, что упомянутые в автореферате ученые проводили исследования рельсовых сталей, выплавленных не только мартеновским способом, но и конвертерным с последующей ковшевой обработкой и разлитой на установке непрерывной разливки стали; 2. Каким методом определяли режим истечения (струйный или пузырьковый)?; 3. В автореферате на 13 странице упоминается «коэффициент формы частиц вдуваемого порошка», что подразумевается под представленным параметром и как он определяется?; 4. Рассматривая продувку металла в сталеразливочном ковше, необходимо ограничить верхний предел интенсивности подвода газа, т.к. чрезмерный расход аргона может привести к оголению зеркала металла и, соответственно, повышенной окисленности; дополнительно интенсивное перемешивание будет вовлекать частицы шлака в расплав, что также негативно отразится на качестве стали. Какой, по мнению автора, верхний предел расхода газа, подаваемого в сталеразливочный ковш, обеспечивает наилучшее перемешивание расплава без отрицательных эффектов?); 5) д.т.н., советника технического директора ОАО «Электростальский завод тяжелого машиностроения» Косырева Константина Львовича: (1. Значительная часть исследований посвящена обоснованию и разработке технологических решений по снижению загрязненности рельсовой стали неметаллическими включениями. При этом рассмотрены только процессы продувки расплава инертным газом на АКП и раскисления стали в ковше, а остальные технологические этапы, в том числе выплавка стали в дуговой электропечи, обработка стали на вакууматоре, непрерывная разливка стали на МНЛЗ, оказались не затронутыми в работе; 2. В тексте автореферата неоднократно встречается

термин «металлургическое качество рельсов». Не совсем понятно, что вкладывает автор в данное понятие, какие показатели качества в него входят и почему); 6) д.т.н., профессора кафедры «Технология функциональных и конструкционных материалов» ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» Прусова Евгения Сергеевича (1. При рассмотрении эффективности разработанного режима продувки стали инертным газом в сталеразливочном ковше принимается во внимание только снижение отбраковки готовых рельсов по неметаллическим включениям. Однако достигаемое снижение концентрации глиноземистых неметаллических включений в стали и рельсах, очевидно, несет еще ряд дополнительных положительных эффектов. Например, снимается острота проблемы по «зарастанию» сталеразливочных стаканов промежуточного ковша, снижается вероятность формирования контактно-усталостных дефектов при эксплуатации рельсов; 2. В тексте автореферата фигурирует обозначение марки рельсовой стали Э76ХФ; при этом в действующем ГОСТ на производство рельсов (ГОСТ Р 51685-2022) существует только марка стали 76ХФ); 7) д.т.н., профессора, заведующего кафедрой «Теплофизика и информатика в металлургии» ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента РФ Б.Н. Ельцина» Спирина Николая Александровича: (1. В автореферате не представлена структура математической модели газопорошковой продувки расплава рельсовой стали в сталеразливочном ковше, влияния теплообмена через стенку погружной фурмы на параметры транспортирующего газа; 2. В качестве целевой функции оптимизации в модели прогнозирования технико-экономических показателей производства рельсовой стали используются суммарные затраты на шихтовые материалы, электроэнергию, кислород, ферросплавы. При решении задачи нелинейного математического программирования не раскрыты в автореферате ограничения на технические и технологические параметры системы); 8) д.т.н., профессора, заведующего кафедрой «Техника и технологии производства материалов» филиала ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» в г. Златоуст Чуманова Ильи Валерьевича: (1. Возникает вопрос к названию диссертации «Разработка ... технологии ...». Разработка технологии подразумевает собой составление алгоритма действий для каждой операции нового технологического процесса с конкретными численными параметрами (время, объем, масса и т.д.). Исходя из текста автореферата,

осуществлялась разработка технологии раскисления рельсовой стали, основное отличие которой от действующей заключается в замене одного раскислителя на другой и его расхода. Данный вид работы имеет большее отношение к внесению изменений в действующую технологию, а не к разработке новой; 2. В третьей главе упоминаются некие «порошковые реагенты» и проведен большой объем работ по численному моделированию газопорошковой продувки расплава. Каким образом данные результаты возможно соотнести с порошковыми материалами, используемыми в металлургии? Ведь порошковым материалом может являться молотая известь для интенсификации процесса десульфуризации, а может порошок РЗМ для глубокого раскисления и модифицирования расплава. Будет ли влиять на тепловой поток химический состав порошкового реагента ввиду различной величины энтальпии образования соединений?; 3. В качестве результата достаточно глубокого и обширного исследования не получены РИД (патенты на изобретение, программы для ЭВМ), что дополнительно подчеркнуло практическую значимость работы); 9) д.т.н., доцента, заведующего кафедрой металлургии и химических технологий ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова» Харченко Александра Сергеевича, к.т.н., доцента, доцента кафедры металлургии и химических технологий ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова» Потаповой Марины Васильевны: (1. Представленные результаты металлографических исследований характерных дефектов рельсов и результаты статистических исследований влияния параметров производства стали на отбраковку рельсов, на наш взгляд, несколько противоречат друг другу. Так согласно уравнению регрессии, представленному на стр. 10 автореферата, значимое влияние на повышение брака рельсов оказывают параметры продувки расплава инертным газом в ковше, а также содержание кислорода, серы, фосфора, меди и олова в стали. При этом исследованиями характерных дефектов рельсов (рисунки 1 и 2) показано, что причиной образования таких дефектов в значительной мере являются скопления глиноземистых неметаллических включений и силикатов; 2. На рисунке 3 автореферата на точечном графике линия тренда носит линейный характер, при этом величина достоверности аппроксимации (R^2) составляет всего 0,38. Более удачным в этом случае представляется вариант выбора степенной или экспоненциальной линии тренда; 3. На рисунке 4 автореферата представлены графические зависимости мощности перемешивания и коэффициента эффективной

диффузии от интенсивности продувки металла в сталеразливочном ковше инертным газом. Как проводилась проверка адекватности полученных зависимостей?); 10) к.т.н., заведующего лабораторией электроплавки Института металлургии и машиностроения АО «НПО» ЦНИИТМАШ» Куликова Анатолия Павловича, к.т.н., доцента, ведущего научного сотрудника лаборатории электроплавки Института металлургии и машиностроения АО «НПО» ЦНИИТМАШ» Палаткиной Любови Владимировны: (1. На рисунке 3 показано влияние продолжительности продувки рельсовой стали инертным газом в ковше на содержание неметаллических включений в рельсах, при этом представленная зависимость имеет низкий коэффициент корреляции. Возможно было-бы лучше выбрать несколько уровней концентрации глиноземистых включений объединив близкие группы (например, уровни ppm 8, 7, 6, и отдельно уровень 5 и 4), при которых разброс значений длительности продувки наиболее значителен и проработать их отдельно; 2. В работе исследовалась технология продувки порошкообразными реагентами через погружную фурму при обработке на агрегате «ковш-печь», но не приведены данные по эффективности использования такой технологии в промышленных условиях).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью, научной квалификацией, достижениями в области развития теоретических и технологических основ выплавки и ковшевой обработки электросталей специального назначения, развития теоретических основ процессов формирования параметров качества указанных сталей при их производстве.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны теоретические основы совершенствования режимов выплавки и внепечной обработки рельсовых электросталей, обеспечивающих снижение концентрации неметаллических включений в непрерывнолитых заготовках и готовых рельсах при одновременном ресурсосбережении;

предложены новые подходы к использованию результатов исследований процесса продувки стального расплава инертным газом в сталеразливочном ковше, выполненных с применением численного моделирования и статистического анализа, при совершенствовании режимов внепечной обработки рельсовых сталей;

доказаны закономерности влияния параметров газопорошковой продувки рельсовой стали в ковше через погружную фурму на показатели, определяющие технологичность и эффективность процесса.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны закономерности перемешивания расплава рельсовой стали при продувке инертным газом в сталеразливочном ковше в зависимости от интенсивности подачи газа, режимов истечения газовых струй и характеристик переноса;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс методов численного моделирования процессов ковшевой обработки стали, натурных экспериментов в условиях действующего металлургического производства, статистических методов обработки экспериментальных данных;

изложены новые научные данные о закономерностях теплообмена через стенку дутьевого устройства к двухфазной газопорошковой струе при подаче порошкообразных реагентов в расплав рельсовой стали через погружную фурму в процессе обработки на агрегате «ковш-печь»;

раскрыты механизмы формирования характерных внутренних дефектов непрерывнолитых заготовок рельсовой электростали, переходящих в рельсы;

изучена взаимосвязь параметров качества рельсовой стали с режимами и конкретными технологическими параметрами выплавки и ковшевой обработки стали.

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

разработаны и внедрены в условиях электросталеплавильного цеха АО «ЕВРАЗ ЗСМК»: оптимизированный режим продувки расплава рельсовой стали инертным газом при обработке на агрегате «ковш-печь», применение которого позволило снизить отбраковку рельсов по внутренним дефектам металлургического происхождения на 0,5% (экономический эффект составил 15 млн. руб/год при доле участия автора 25%); усовершенствованный режим раскисления рельсовой стали, обеспечивший снижение отбраковки рельсов из-за наличия глиноземистых неметаллических включений на 0,4% при одновременном увеличении степени сквозного усвоения кремния и углерода и уменьшении затрат на раскисление (экономический эффект составил 23 млн. руб/год при доле участия автора 20%); модель прогнозирования технико-экономических показателей производства рельсовой электростали при варьировании состава металлозавалки, использование которой позволяет снизить затраты на производство рельсовой стали при заданной производительности электросталеплавильного цеха;

определены основные перспективные направления совершенствования технологии ковшевой обработки рельсовых сталей, обеспечивающие повышение качества непрерывнолитых заготовок и готовых рельсов;

создана система практических рекомендаций для разработки оптимальных режимов вдувания порошкообразных реагентов в процессе обработки расплава на агрегате «ковш-печь» с целью глубокой десульфурации рельсовой стали.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ применен комплекс стандартных и современных методов исследования, результаты получены на сертифицированном оборудовании и имеют высокую воспроизводимость;

теория построена на известных физико-химических, гидродинамических и тепломассообменных закономерностях при выплавке и ковшевой обработке стали и хорошо согласуется с опубликованными экспериментальными данными других исследователей;

идея базируется на совместном использовании результатов численного моделирования процессов ковшевой обработки стали, статистических исследований, натурных экспериментов в условиях действующих промышленных цехов для обоснования эффективных ресурсосберегающих режимов производства рельсовых сталей повышенного качества;

использовано сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике диссертации;

установлено качественное совпадение авторских результатов с основными положениями, представленными в независимых источниках по данной тематике, в тех случаях, когда такое сравнение является обоснованным;

использованы современные методики измерений, сбора и обработки информации с обоснованием выбора объектов изучения и измерения.

Личный вклад соискателя заключается в разработке плана исследований, проведении статистического анализа процессов формирования показателей качества непрерывнолитых заготовок рельсовой стали и металлургического качества рельсов, проведении моделирования процессов ковшевой обработки рельсовой стали, проведении экспериментальных исследований в условиях промышленного производства, обработке и анализе полученных экспериментальных данных, формулировании выводов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: в явном виде не представлено влияние разработанных режимов продувки рельсовой стали инертным газом при обработке на агрегате «ковш-печь» на изменение механических свойств готовых рельсов; недостаточно обоснован выбор линейного характера зависимости влияния длительности продувки расплава рельсовой стали инертным газом на концентрацию неметаллических включений в рельсах.

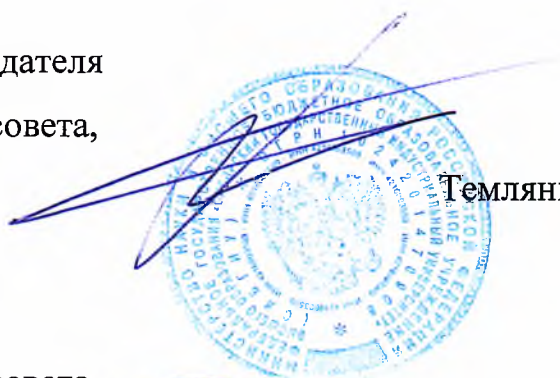
Соискатель Думова Л.В. при ответах на задаваемые ей в ходе заседания вопросы, показала наличие глубоких инженерных знаний и техническую эрудицию, представила собственную аргументацию и согласилась с некоторыми критическими замечаниями, которые будут учтены в дальнейшей работе.

На заседании 26 ноября 2024 г. диссертационный совет принял решение:

за разработку новых научно-обоснованных технологических решений по ресурсосберегающему производству рельсовых электросталей повышенного качества, имеющих важное значение для развития отечественной металлургической промышленности, присудить Думовой Любови Валерьевне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 4 доктора наук по научной специальности 2.6.2. Металлургия черных, цветных и редких металлов, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 16, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета,
д.т.н., профессор



Темлянцева Михаил Викторович

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д.т.н., доцент

Уманский Александр Александрович

26.11.2024 г.