



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»  
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»

ЮУрГУ

Проспект Ленина, 76, Челябинск, Россия 454080, тел./факс (351)267-99-00, e-mail: info@susu.ru, www.susu.ru  
ОКПО 02066724, ОГРН 1027403857568, ИНН/КПП 7453019764/745301001



**УТВЕРЖДАЮ**

Первый проректор – проректор по научной  
работе ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»,  
доктор технических наук, доцент

Коржов Антон Вениаминович

21.10. 2024 г.

### **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

на диссертационную работу Думовой Любови Валерьевны, на тему  
«Разработка и совершенствование ресурсосберегающей технологии выплавки и  
внепечной обработки рельсовой электростали повышенного качества»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 2.6.2. – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

**Актуальность диссертационной работы.** Для отечественной металлургии тематика, связанная с совершенствованием технологии производства рельсовых стальных и железнодорожных рельсов, является традиционно актуальной. Это обусловлено, тем фактом, что Россия фактически занимает второе место в мире по протяженности железных дорог и до 90% общего грузооборота в отечественной экономике осуществляется именно железнодорожным транспортом. Исходя из вышесказанного, а также учитывая сложившуюся геополитическую ситуацию, производство отечественных железнодорожных рельсов, отвечающим современным требованиям по эксплуатационной стойкости, является вопросом национальной безопасности. В свою очередь, поскольку производство железнодорожных рельсов напрямую связано с необходимостью производства исходных рельсовых сталей повышенного качества, то выбранная диссертантом тематика исследований, безусловно, является актуальной.

**Научная новизна и значимость результатов диссертационного исследования для производства.** В рамках диссертационной работы получены следующие результаты, обладающие научной новизной:

- определены и научно обоснованы закономерности формирования характерных внутренних дефектов рельсов металлургического происхождения при их производстве из электростали, в том числе определена природа таких дефектов, установлено определяющее влияние на вероятность их образования параметров продувки расплава инертным газом в процессе ковшевой обработки, минимизации содержания в стали таких элементов, как кислород, сера, фосфор, медь и олово;



Product BY 45577

- установлены закономерности влияния интенсивности продувки рельсовой стали инертным газом в сталеразливочном ковше на показатели перемешивания расплава в зависимости от режимов истечения газовых струй и характеристик переноса.

- применительно к процессу подачи порошкообразных реагентов в расплав рельсовой стали через погружную фурму при обработке на агрегате «ковш-печь» определены закономерности теплообмена через стенку фурмы к двухфазной газопорошковой струе и количественные взаимосвязи характеристик газопорошкового течения.

Практическая значимость работы подтверждается следующим:

1) получены аналитические зависимости влияния технологических параметров выплавки в дуговой электропечи и внепечной обработки рельсовой стали на образование внутренних дефектов рельсов металлургического происхождения, что расширяет возможности их практического применения при совершенствовании технологии;

2) разработаны, прошли опытно-промышленное опробование и внедрены в условиях электросталеплавильного цеха АО «ЕВРАЗ ЗСМК» (подтверждено Актом внедрения):

- оптимизированный режим продувки расплава инертным газом при обработке на агрегате «ковш-печь», отличительной особенностью которого является наличие выделенного периода с повышенной интенсивностью подачи газа; внедрение рекомендованного режима в производство позволило снизить отбраковку рельсов по внутренним дефектам металлургического происхождения на 0,5% (ожидаемый экономический эффект составляет 15 млн. руб/год при доле участия автора – 25%);

- режим раскисления рельсовой стали ферросплавами с пониженным содержанием алюминия, 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 (ожидаемая экономическая эффективность от внедрения составляет 23 млн. руб/год при доле участия автора – 20%);

- модель прогнозирования технико-экономических показателей производства рельсовой электростали при варьировании состава металлозавалки в условиях изменяющегося уровня цен на материалы и энергоносители, использование которой позволяет минимизировать затраты на производство рельсовой стали при заданном уровне производительности электросталеплавильного цеха;

3) получены новые данные о количественной взаимосвязи параметров газопорошковой продувки рельсовой стали в ковше через погружную фурму с показателями, определяющими технологичность и эффективность процесса, что является теоретической базой для разработки оптимальных режимов вдувания порошковых реагентов в процессе обработки расплава на агрегате «ковш-печь» с целью глубокой десульфурации рельсовой стали.

4) результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» и используются при подготовке магистров по направлению 22.04.02 Металлургия.

### **Оценка содержания диссертации.**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, приложений и изложена на 131 странице машинописного текста, содержит 30 рисунков, 12 таблиц, список литературы из 154 наименований.

Структуру диссертации можно отнести к «классической», применительно к прикладным научным металлургическим работам. Диссертация включает в себя:

- аналитический обзор по тематике исследования;
- математическое моделирование процессов производства стали, включая как разработку наиболее простых статистических моделей, так и моделирование газодинамических и теплообменных процессов;
- экспериментальные исследования, проведенные в условиях промышленного производства;
- исследования параметров качества стальной металлопродукции с использованием современных методов металлографии, рентгеноспектральных и рентгенофазовых исследований.

Анализ содержания глав диссертации представлен ниже.

**Первая глава** посвящена анализу современных требований к показателям качества рельсовой и к металлургическому качеству рельсов, анализу современных технологических решений по совершенствованию технологии выплавки и внепечной обработки рельсовых сталей. На основании проведенного аналитического обзора сформулированы цель и задачи диссертации.

**Во второй главе** представлены результаты исследований природы характерных дефектов рельсов производства АО «ЕВРАЗ ЗСМК» металлургического происхождения, результаты статистических исследования влияния параметров производства рельсовой электростали на вероятность образования указанных дефектов. Полученные результаты дополнительно подтверждены проведенными в промышленных условиях экспериментальными исследованиями влияния режимов ковшевой обработки стали на параметры ее качества и на образование дефектов непрерывнолитых заготовок.

В рамках **третьей главы** приведены результаты математического моделирования процессов ковшевой обработки рельсовой стали применительно к условиям электросталеплавильного цеха АО «ЕВРАЗ ЗСМК», в том числе моделирования продувки металла инертным газом и вдувания порошковых материалов в струе газа при обработке на агрегате «ковш-печь». Необходимо отметить, что выбор в качестве объекта моделирования технологии продувки металла инертным газом в ковше обоснован результатами исследований в рамках второй главы.

**Четвертая глава** диссертации целиком посвящена разработке и совершенствованию режимов выплавки и ковшевой обработки рельсовой электростали. В данной главе приводится обоснование, этапы разработки и опытно-промышленного опробования нового режима продувки стали инертным газом в ковше с выделенным периодом интенсивного вдувания газа; представлены результаты опробования технологии раскисления рельсовой стали с использованием новых видов ферросплавов с пониженным содержанием алюминия; приведено

описание разработанной модели влияния состава металлозавалки электроплавки рельсовой стали на технико-экономические показатели ее производства.

#### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности.**

Диссертационная работа по своим целям, задачам, содержанию и научной новизне соответствует паспорту научной специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов по следующим пунктам:

- п. 18 «Электро- и спецэлектрометаллургические процессы и агрегаты»;
- п. 21 «Внепечная обработка металлов»;
- п. 23 «Материало- и энергосбережение при получении металлов и сплавов»;
- п. 26 «Математическое моделирование процессов производства черных, цветных и редких металлов, формирования техногенных месторождений и способов их утилизации. Управление и оптимизация металлургическими процессами».

#### **Замечания по диссертации.**

1. Название диссертации чрезмерно амбициозно. Ключевые словосочетания в названии «разработка технологии», «ресурсосберегающая технология», «повышение качества» не нашли отражения в выводах по работе и даже не обсуждаются при оценке результатов работы. В действительности круг рассматриваемых в диссертации вопросов более узок, она посвящена совершенствованию процесса ковшевой обработки стали для уменьшения брака рельсов, что само по себе имеет и научное и важное практическое значение.

2. Вызывают сомнения результаты моделирования процессов в ковше при изменении интенсивности продувки, представленные на рисунках 3.1. и 3.2 диссертации. Непонятно, почему при интенсивности продувки 0 м<sup>3</sup>/час линии, описывающие процессы при пузырьковом и струйном режимах, не сходятся в точке 0. Частично ответ на это можно найти, по-видимому, на рисунке 4 автореферата, на котором эти же линии представлены в ином виде, а именно вместе с экспериментальными точками. Анализируя рис.4 автореферата, можно сделать вывод, что при интенсивности продувки порядка 50 м<sup>3</sup>/час пузырьковый режим продувки переходит в струйный. Но тогда линии пузырькового режима нельзя экстраполировать в область продувки с интенсивностью более 50 м<sup>3</sup>/час, а линии струйного режима – в область интенсивности менее 50 м<sup>3</sup>/час.

3. Как уже отмечалось, в диссертации вопросы повышения качества рельсов не обсуждаются. В то же время глава 4 диссертации ставит целью «...совершенствование технологических режимов выплавки и внепечной обработки электростали с целью повышения металлургического качества рельсов». Непонятно, чем «металлургическое» качество рельсов отличается от «просто качества» и есть ли гарантия того, что достижение изготовителем «металлургического» качества обеспечит качество, удовлетворяющее требованиям заказчика.

#### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.**

Приведенная выше информация, позволяет сделать вывод, что диссертация «Разработка и совершенствование ресурсосберегающей технологии выплавки и внепечной обработки рельсовой электростали повышенного качества» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится научное обоснование технологических решений по совершенствованию технологии производства рельсовых сталей, обеспечивающих повышение их качества и технико-



экономических показателей производства. Разработанные автором технологические решения вносят существенный вклад в развитие отечественной металлургической отрасли, что подтверждается результатами их внедрения в АО «ЕВРАЗ ЗСМК», являющемся крупнейшим производителем железнодорожных рельсов в России. Основные материалы диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях, диссертационная работа полностью соответствует паспорту научной специальности 2.6.2. Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Диссертация «Разработка и совершенствование ресурсосберегающей технологии выплавки и внепечной обработки рельсовой электростали повышенного качества» соответствует критериям, определенным п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, 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.

Диссертационная работа заслушана и обсуждена на расширенном заседании кафедры пирометаллургических и литейных технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», протокол № 10 от 18.10.2024.

Доктор технических наук (специальность 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов), профессор, главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории водородных технологий в металлургии

  
Рощин Василий Ефимович

Кандидат технических наук, (специальность 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов), доцент, заведующий кафедрой пирометаллургических и литейных технологий

  
Гамов Павел Александрович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Россия, 454080, Челябинск, пр. Ленина, 76

Тель/факс: +7(351) 267-99-00, E-mail:  
[info@susu.ru](mailto:info@susu.ru), <http://www.susu.ru>

  
подпись заведующего кафедрой  
Пирометаллургических и литейных технологий  
Гамов Павел Александрович

Я, Рощин Василий Ефимович, согласен на автоматизированную обработку данных, приведенных в данном отзыве

Я, Гамов Павел Александрович, согласен на автоматизированную обработку данных, приведенных в данном отзыве