

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Думовой Любови Валерьевны

«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. Metallургия черных, цветных и редких металлов

Актуальность диссертации.

Рельсовые стали относятся к сталям специального назначения с повышенными требованиями к параметрам их качества. В соответствии с действующей нормативной документацией в данных сталях допустимое содержание серы, фосфора, примесей цветных металлов ограничено низкими пределами, и, кроме того, для рельсовых сталей имеются дополнительные требования к показателям, не контролируемым в качественных сталях другого назначения. В частности речь идет о наличии требований по максимально допустимому содержанию водорода и кислорода в стали, размерам и концентрации конкретных типов неметаллических включений. Вышеприведенные требования к параметрам качества рельсовой стали обусловлены необходимостью достижения высокой эксплуатационной стойкости рельсов; при этом увеличение срока службы рельсов в пути является одной из приоритетных задач развития отечественной металлургии, что подтверждается утвержденной стратегией развития металлургической отрасли России до 2030 г.

Таким образом, выбранное соискателем направление исследований по совершенствованию технологических режимов производства рельсовых сталей с целью повышения их качества является актуальным.

Анализ структуры диссертации.

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

Во **введении** приводится информация, характеризующая актуальность диссертации, степень разработанности темы исследования; в данном разделе представлены цель и задачи диссертационной работы, охарактеризованы научная и практическая значимость диссертации, методы исследований, приводятся сведения, подтверждающие апробацию материалов работы на научно-

технических конференциях различного уровня.

В первой главе представлена аналитическая информация, характеризующая современное состояние теории и технологии производства рельсовой стали, в том числе представлены результаты анализа изменения химического состава рельсовых сталей на протяжении периода их массового производства, проведен анализ перспективных технологий, обеспечивающих повышение качества рельсовых сталей. На основании выводов по первой главе сформулирована цель диссертационной работы и определен перечень задач для ее достижения.

Вторая глава содержит результаты исследований качества непрерывнолитых заготовок рельсовых сталей. Данные исследования включают в себя металлографический анализ, направленный на определение природы характерных дефектов рельсов металлургического происхождения, статистические исследования влияния параметров производства рельсовой стали на вероятность формирования указанных дефектов и промышленные исследования, направленные на подтверждение полученных закономерностей влияния режимов производства рельсовой стали на ее загрязненность неметаллическими включениями.

В третьей главе описана математическая модель и приводятся результаты ее применения для моделирования процессов продувки инертным газом и газопорошковой продувки расплава рельсовой стали при обработке на агрегате «ковш-печь», проведенного для условий электросталеплавильного цеха АО «ЕВРАЗ ЗСМК». По результатам указанных исследований определены закономерности влияния интенсивности продувки металла инертным газом в ковше на эффективность его перемешивания, установлены закономерности формирования интенсивности тепловых потоков от стенки фурмы к потоку транспортирующего газа. Указанные результаты послужили теоретической базой для разработки промышленных режимов обработки рельсовой стали на агрегате «ковш-печь», обеспечивающих увеличение степени рафинирования стали от неметаллических включений.

Четвертая глава полностью посвящена разработке технологических решений по повышению качества рельсовой электростали в условиях действующего производства, а именно электросталеплавильного цеха АС «ЕВРАЗ ЗСМК». В рамках данной главы обоснован и разработан режим продувки

расплава инертным газом в сталеразливочном ковше с наличием периода повышенной интенсивности вдувания инертного газа, обоснована технико-экономическая эффективность использования ферросплавов с пониженным содержанием алюминия для раскисления рельсовой стали. Представлены результаты, подтверждающие фактическое снижение отбраковки рельсов по металлургическим дефектам, за счет применения разработанных режимов продувки металла инертным газом и раскисления стали в ковше. Также в данной главе приводится описание разработанной модели влияния состава металлозавалки электроплавки рельсовой стали на технико-экономические показатели ее производства, применение которой позволяет выработать обоснованные рекомендации по расчету доли чугуна в металлошихте для текущего уровня цен на используемые при электроплавке материалы и энергоносители с учетом изменения производительности цеха. Согласно представленным данным модель применяется в рассматриваемом электросталеплавильном цехе при определении оптимального соотношения чугуна и лома в металлозавалке при выплавке рельсовой стали в рассматриваемом цехе.

Заключение по диссертации содержит основные выводы, обобщающие результаты диссертационной работы. В качестве приложений представлен Акт внедрения в производство и Справка об использовании результатов диссертации в учебном процессе.

Содержание автореферат соответствует основным материалам диссертации.

Научная новизна и практическая значимость работы:

Наличие научной новизны диссертационной работы подтверждается тем, что по результатам ее выполнения автором установлен и обоснован ряд новых закономерностей, в том числе:

1) механизмы формирования характерных внутренних дефектов рельсов металлургического происхождения при их производстве из электростали;

2) 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;

3) закономерности теплообмена через стенку фурмы к двухфазной

газопорошковой струе и количественные взаимосвязи характеристик газопорошкового течения применительно к процессу подачи порошкообразных реагентов в расплав рельсовой стали.

Практическую значимость работы подтверждается, прежде всего, результатами внедрения в электросталеплавильном цехе АО «ЕВРАЗ ЗСМК»:

- оптимизированного режима продувки расплава инертным газом при обработке на агрегате «ковш-печь», применение которого позволило снизить отбраковку рельсов по внутренним дефектам металлургического происхождения на 0,5% (ожидаемый экономический эффект составляет 15 млн. руб/год при долевом участии автора – 25%);

- режима раскисления рельсовой стали ферросплавами с пониженным содержанием алюминия, обеспечившего снижение отбраковки рельсов 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 долевом участии автора – 20%);

- модели прогнозирования технико-экономических показателей производства рельсовой электростали при варьировании состава металлозавалки в условиях изменяющегося уровня цен на материалы и энергоносители, позволившей минимизировать затраты на производство рельсовой стали при заданном уровне производительности электросталеплавильного цеха.

Несмотря на общее положительное впечатление по работе имеются следующие **замечания**:

1. В диссертации автор не приводит химический состав неметаллических включений (рисунок 2.6), показывает только их изображение. На рисунке показаны «глубокие раковины» от частично выпавших в процессе пробоподготовки неметаллических включений с остатками включений или с привнесенными загрязнениями. Для подтверждения правильности идентификации неметаллических включений, желательно было бы привести в тексте диссертации таблицу с химическим составом обнаруженных неметаллических включений.

2. Раздел 3.2 диссертации посвящен численному моделированию процессов подачи порошковых материалов в расплав при внепечной обработке стали. При этом из текста диссертации в явном виде не понятно используется ли в настоящее время данный вид обработки при производстве рельсовых сталей на действующих

металлургических предприятиях, какие материалы (наименование и химический состав) применяют. На большинстве сталеплавильных предприятий применяют ввод кальциевой проволоки для модифицирования неметаллических включений и десульфурации металла, что в диссертации не отражено.

3. В ходе совершенствования режима продувки рельсовой стали инертным газом с целью ее рафинирования от неметаллических включений (раздел 4.1 диссертации) автором рассмотрено только одно направление, связанное с оптимизацией интенсивности продувки. При этом остались не затронутыми направления, связанные с изменением количества и расположения продувочных устройств, совершенствованием их конструкции и другие возможные технические решения. Из диссертации не ясно продувка на АКП проводится через донные пористые пробки или донные фурмы (оба термина используются в диссертации). В диссертации не учитывается влияние на удаление неметаллических включений характеристик шлака. В диссертации не показано до каких значений можно увеличивать интенсивность продувки металла аргоном. Избыточная интенсивность продувки металла аргоном через донные пробки может приводить к оголению поверхности металла, взаимодействию металла с воздухом и повышению содержания неметаллических включений.

4. В раздел 4.4 диссертации автор только пишет, что разработана модель влияния состава металлозавалки на технико-экономические показатели производства рельсовой стали. Однако, в диссертации отсутствует в явном виде описание структуры математической модели (уравнения, допущения, ограничения, принятые в модели, алгоритм/блок-схема, входная и выходная информация и т.д.). В диссертации не приведены результаты по проверки адекватности работы математической модели. Не ясно есть ли возможность использовать данную математическую модель на других металлургических предприятиях.

5. В тексте диссертации присутствуют опечатки в размерностях (стр. 63, 64) диаметр сопла в m^2 , стр. 42 в подписях картинок используется две буквы «д», ссылки на литературу не всегда соответствуют тексту стр.69 ссылки 125-128.

Представленные выше замечания не носят принципиального характера и не касаются научно-практической значимости представленной диссертации.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным положением о присуждении ученых степеней.

Диссертация «Разработка и совершенствование ресурсосберегающей технологии выплавки и внепечной обработки рельсовой электростали повышенного качества» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новые научно обоснованные технологические решения, имеющие существенное значение для развития отечественной металлургической отрасли, а именно совершенствования технологии производства рельсовых сталей. Основные результаты диссертации обладают научной новизной и практической значимостью и в полной мере опубликованы в рецензируемых научных изданиях. По содержанию и научной новизне диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.6.2. Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Таким образом, диссертация «Разработка и совершенствование ресурсосберегающей технологии выплавки и внепечной обработки рельсовой электростали повышенного качества» отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям 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.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук
(специальность 05.16.02 - Металлургия
черных, цветных и редких металлов),
ведущий научный сотрудник лаборатории
диагностики материалов ФГБУН
«Институт металлургии и материаловедения
им. А.А. Байкова Российской академии наук»

Служебный адрес:
Москва, Ленинский проспект, д.49
e-mail: okomolova@imet.ac.ru

О.А. Комолова

29.10.2024

Комолова Ольга
Александровна

Я, Комолова Ольга Александровна, выражаю согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя Думовой Любови Валерьевны и их дальнейшую обработку.

Подпись Комоловой О.А. удостоверяю:
Ученый секретарь ИМЕТ РАН, к.т.н.

О.Н. Фомина

Фомина О.Н.

