

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертационную работу
Числавлева Владимира Владимировича на тему «Повышение качества
рельсовой стали на основе рационального распределения потоков
металла в промежуточном ковше», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности
05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов**

Актуальность диссертации

Диссертационная работа Числавлева В.В. направлена на повышение качества рельсовой стали посредством организации рационального распределения потоков металла в промежуточном ковше, является актуальной с научной и практической точек зрения. Обеспечение рационального распределения потоков металла в промежуточном ковше машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) будет способствовать гомогенизации металла и его рафинированию от неметаллических включений, повышая качество металлопродукции.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Целью диссертационной работы явилось повышение эффективности гомогенизации и рафинирования рельсовой стали от неметаллических включений на основе рациональной организации гидродинамических процессов в промежуточных ковшах машин непрерывного литья заготовок. Исследовательские работы, сделанные диссертантом в этом направлении, позволяют усовершенствовать процессы непрерывной разливки стали.

Результаты работы свидетельствуют об их высокой научной и практической значимости, соответствующей уровню кандидатской диссертации, что подтверждается следующими достижениями автора:

1) Адаптирован метод исследования распределения времени пребывания жидкости в проточном реакторе непрерывного действия, основанный на определении объемов жидкого металла, образующих характерные зоны.

2) Разработан лабораторно-экспериментальный комплекс для исследования гидродинамических процессов в промежуточном ковше МНЛЗ (Патент РФ №164038).

3) На основе результатов физического и математического моделирования гидродинамических процессов в промежуточных ковшах трапецевидной формы четырехручьевых МНЛЗ с различной конфигурацией внутреннего пространства установлено что:

– использование порогов и струегасителей различных конфигураций позволяет увеличить минимальное время пребывания порции расплава в объеме промежуточного ковша в 2,5 и 2,8 раза и уменьшить объем застойных зон в 1,2 и 1,1 раза соответственно.

– при разделении внутреннего объема промежуточного ковша полнопрофильными перегородками с переливными отверстиями создается контур

активной циркуляции, охватывающий значительную область промежуточного ковша, при этом разница в значениях минимального времени достижения основного потока расплава центральных и периферийных разливочных стаканов не зависит от скорости разливки, определяется общей площадью отверстий в перегородках и при ее увеличении с 17671 мм^2 до 59376 мм^2 изменяется от 2 до 52 с, достигая минимального значения при 25997 мм^2 .

4) Установлены зависимости и научно обоснованы закономерности влияния конструктивных параметров на минимальное время достижения расплава разливочных стаканов, степень гомогенизации и структуру потоков в объеме промежуточного ковша для использования в инженерных расчетах при проектировании конфигурации внутреннего объема промежуточных ковшей.

5) Разработана номограмма для определения требуемой структуры потоков металлического расплава в промежуточном ковше при производстве металлопродукции с регламентированным уровнем загрязненности неметаллическими включениями.

6) В результате промышленной апробации разработанной конструкции полнопрофильных перегородок в промежуточных ковшах четырехручьевого блюмовой МНЛЗ при непрерывной разливке рельсовой стали марки Э76ХФ с получением заготовок сечением $300 \times 360 \text{ мм}$ условиях ЭСПЦ АО «ЕВРАЗ ЗСМК» установлено, что их применение позволяет снизить:

- степень ликвации в металле периферийных ручьев по углероду в 1,2 раз, марганцу и кремнию в 1,7 раза, фосфору в 1,5 раз и сере в 1,4 раза, а с центральных ручьев в 2,5; 2,7; 2,1; 2,1; 2,8 раза соответственно;
- балл загрязненности металла оксидами точечными с 3а до 1а;
- количество отбракованных рельсов в серии с 7,0 % до 2,19 %;
- количество дефектных рельсов, произведенных из заготовок, разлитых на центральных и периферийных ручьях в 4,8 и 1,9 раза соответственно, а их соотношение с 2,2 до 0,87.

Следует отметить, что степень обоснованности выводов, сформулированных в диссертации, обеспечена совместным использованием современных методов исследования, обеспечивается комплексным подходом решения поставленных задач; сопоставлением литературных данных с результатами экспериментов, а также апробацией на производстве.

Степень научной и практической новизны

В результате выполнения диссертационного исследования развиты научные основы повышения эффективности обработки стального расплава при непрерывной разливке посредством рациональной организации гидродинамических процессов в промежуточных ковшах МНЛЗ; установлены и научно обоснованы новые зависимости и закономерности влияния гидродинамических процессов в промежуточном ковше МНЛЗ на гомогенизацию расплава и эффективность рафинирования стали от неметаллических включений; получены новые количественные данные о

влиянии огнеупорных элементов различных конфигураций на характеристики и структуру потоков при движении металлического расплава в промежуточном ковше МНЛЗ; разработана номограмма для определения структуры потоков расплава стали в промежуточном ковше при производстве металлопродукции с регламентированным уровнем загрязненности неметаллическими включениями.

Получены соотношения, зависимости и закономерности для осуществления инженерных расчетов при проектировании конструкции промежуточных ковшей, обеспечивающей эффективные гомогенизацию и рафинирование стали от неметаллических включений. Разработана конструкция полнопрофильных перегородок, обеспечивающих рациональную организацию потоков расплава, его гомогенизацию и эффективное рафинирование рельсовой стали от неметаллических включений в промежуточном ковше.

Результаты исследований прошли апробацию в условиях АО «Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» и использованы при совершенствовании технологии непрерывной разливки рельсовой стали и конструкции промежуточных ковшей четырехручьевого МНЛЗ.

Основное содержание диссертации отражено в 22 публикациях автора. Научные результаты диссертационной работы докладывались на Всероссийских и Международных конференциях.

Оценка содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы и приложений, изложена на 170 страницах машинописного текста, содержит 27 таблиц, 105 рисунков, список литературы из 189 наименований.

Во введении рассмотрены актуальность и степень разработанности темы исследования, сформулированы цели и задачи диссертационной работы, отражены научная новизна и значимость работы, методология и методы исследования, изложены положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов диссертационной работы.

В первом разделе выполнен анализ публикаций в научно-технической литературе и рассмотрено современное состояние непрерывной разливки стали, современное состояние и тенденции развития производства рельсовой металлопродукции, характеристика качества непрерывнолитой заготовки рельсовых марок стали, методы и способы обработки металлического расплава в промежуточном ковше МНЛЗ. Установлено, что перспективным направлением является использование специальных огнеупорных элементов в промежуточном ковше, обеспечивающих благоприятные гидродинамические условия для гомогенизации металлического расплава и его рафинирования от неметаллических включений. Отмечено отсутствие универсальных решений и рекомендаций по разработке огнеупорных элементов с оптимальными геометрическими параметрами, позволяющими создавать благоприятные гидродинамические условия для гомогенизации металлического распла-

ва и его рафинирования от неметаллических включений в промежуточных ковшах различной конструкции.

Во втором разделе приведен анализ условий подобия исследуемых процессов, разработаны основные положения физического моделирования, разработан проект лабораторно-экспериментального комплекса и описана методика проведения исследований гидродинамических процессов в промежуточном ковше. Программно реализована математическая модель течения металлического расплава в промежуточном ковше четырехручьевого МНЛЗ.

В третьем разделе приведены результаты физического и математического моделирования гидродинамических процессов в промежуточном ковше при различных конфигурациях внутреннего объема промежуточного ковша. Установлено, что при базовой конструкции внутреннего объема промежуточного ковша присутствуют «короткие пути» к центральным разливочным стаканам, что не позволяет обеспечить в полной мере гомогенизацию металлического расплава по химическому составу и температуре, а также рафинирование металлического расплава от докристаллизационных неметаллических включений, транспортируемых потоком металла, в кристаллизатор. Разработанная конфигурация полнопрофильных перегородок позволила обеспечить рациональное распределение потоков в объеме промежуточного ковша.

В четвертой главе приведены исходные условия проведения промышленного исследования, результаты анализа распределения примесей в непрерывнолитой заготовке, анализ загрязненности непрерывнолитой заготовки неметаллическими включениями. Представлены результаты анализа качества рельсовой металлопродукции.

Закключение содержит основные выводы по работе.

В приложениях приведены расчет экономического эффекта при использовании в промежуточном ковше полнопрофильных перегородок разработанной конструкции, справка о применении в производстве и акт внедрения в учебный процесс результатов работы.

Прогнозируемый годовой экономический эффект от снижения брака рельсов по дефекту неметаллические включения в ЭСПЦ АО «ЕВРАЗ ЗСМК» составляет 42,5 млн. руб.

Замечания по диссертационной работе

1. С увеличением серийности разливки стали на МНЛЗ, какие огнеупорные материалы целесообразно использовать для изготовления полнопрофильных перегородок?

2. Возможно ли использование предложенных в работе подходов для исследования гидродинамических процессов в сталеразливочных ковшах и кристаллизаторе машины непрерывного литья заготовок.

Общее заключение по работе


В целом диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему. Полученные автором результаты имеют существенное значение для развития и совершенствования непрерывной разливки стали. Работа проведена с использованием современных методов теоретических и экспериментальных исследований, сформулированная цель и поставленные задачи решены. Выводы являются достоверными и основываются на обработке результатов физического и математического моделирования, и подтверждаются промышленными экспериментами, то позволяет оценить личный вклад автора.

Диссертационная работа составлена технически грамотно, написана на понятном научно-техническом языке, содержит достаточное количество рисунков, графиков и таблиц. Автореферат диссертации полно раскрывает содержание, отражает структуру диссертационной работы и полностью соответствует ее основным положениям.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа полностью соответствует требованиям п.9 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а её автор, Числавлев Владимир Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Официальный оппонент:

к.т.н., заместитель начальника технического отдела по научно-исследовательской работе и разработке научно-технической документации АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» (специальность 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов)



Полевой Егор Владимирович

654010, г. Новокузнецк, площадь Побед, д. 1

Телефон: 8 (3843) 79-10-02

Электронная почта: Egor.Polevoj@evraz.com

Я, Полевой Егор Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Числавлева Владимира Владимировича, и их дальнейшую обработку.

«03» июня 2019 г.

Подпись Полевого Е.В. удостоверяю:



ВЕРНО
Начальник ОК И. Н. Кочкина
07.06.2019
Подлинник документов находится
в «АО ЕВРАЗ ЗСМК»