

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу  
Морозова Ивана Сергеевича

«Развитие технических и технологических основ производства конвертерных сталей для мелющих шаров с повышенными эксплуатационными свойствами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов

### **Актуальность диссертационной работы**

Выбранное автором представленной диссертационной работы направление исследований, связанное с повышением качества сталей специального назначения, является в настоящее время одним из актуальных научно-технических направлений развития черной металлургии. Данный факт обусловлен наличием объективной тенденции в отечественной и мировой металлургии по повышению доли металлопродукции из сталей специального назначения в общем объеме производства стальных изделий, а также в постоянном ужесточении требований к параметрам металлургического качества такой металлопродукции. При этом сопоставителем в качестве объекта исследований выбраны специальные стали для производства катаных мелющих шаров, являющихся востребованным и высококорентабельным видом металлопродукции на отечественном и мировом рынках сбыта, что также подтверждает актуальность представленной работы.

Необходимо отметить, что основные требования к эксплуатационным характеристикам мелющих шаров заключаются в повышенной твердости, ударо- и износостойкости, и их выполнение невозможно без обеспечения высокого уровня показателей металлургического качества мелющих шаров, закладываемых на этапе производства стали. Поэтому автором закономерно в качестве объекта исследований выбраны этапы совершенствования технологии, связанные с выплавкой и ковшевой обработкой стали. Достаточно аргументированным в связи с развитием структуры отрасли и фактической ситуацией в отечественной металлургии является выбор в качестве объекта исследований именно технологии получения таких сталей в кислородных конвертерах.

### **Анализ структуры диссертации**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, двух приложений, изложена на 125 страницах машинописного текста, содержит 29 рисунков, 19 таблиц, список литературы из 145 наименований.

Во **введении** представлена информация об актуальности тематики диссертации, степени разработанности темы исследования, сформулирована цель и задачи диссертационной работы, ее научная и практическая значимость, приведена краткая характеристика методологии и методов исследования, а также представлены сведения об апробации основных материалов диссертации на научно-технических конференциях различного уровня. Следует отметить, что представленная работа выполнена в рамках гранта РФФИ №22-29-20170.

**Первая глава** в соответствии с общепринятыми нормами представляет собой аналитический обзор материалов отечественных и зарубежных исследователей по теме диссертации. В рамках данной главы освещены вопросы, связанные с особенностями химического состава сталей для производства мелющих шаров, закономерностями влияния технологических режимов производства шаровых сталей на параметры их качества и на характеристики мелющих шаров, представлена информация об имеющихся разработках по совершенствованию дутьевого и шлакового режимов и фурменных устройств для ведения плавки в кислородных конвертерах применительно к производству шаровых сталей. Полученная информация обобщена в виде выводов, на ее основе сформулирована цель и основные задачи диссертационной работы.

**Вторая глава** посвящена теоретическим исследованиям и численному моделированию процессов гидро- и аэродинамики большегрузных конвертеров при продувке расплава, а также моделированию распределения температурных полей в наконечниках кислородных фурм. Исследования проведены с использованием оригинальных методик численного моделирования, при этом применяемые модели усовершенствованы и адаптированы для условий большегрузных агрегатов. В результате получены новые данные о характере движения расплава в объеме ванны конвертера при верхней продувке кислородом, определены количественные характеристики относительных величин газосодержания в шлаке, условий накопления и выхода газов на поверхность расплава, установлены закономерности распределения температурных полей в объеме головки фурмы и водоохлаждаемого соплового блока наконечника фурм различной конструкции.

В **третьей главе** проведено экспериментальные исследования по совершенствованию технологических режимов выплавки и ковшевой обработки шаровых сталей массового сортамента в условиях кислородно-конвертерного цеха №2 АО «ЕВРАЗ ЗСМК». Отличительной особенностью предложенного и опробованного в производственных условиях режима конвертерной плавки являются повышенная доля чугуна в металлошихте при остановке продувки на заданном высоком содержании углерода (0,4-0,5%). В соответствии с указанной особенностью скорректированы стандартные дутьевой и шлаковый режимы конвертерной плавки. При этом оптимизация режимов выплавки стали по фактическим данным позволяет существенно снизить содержание фосфора в металле на выпуске из конвертера при аналогичных характеристиках конвертерного шлака. Усовершенствованная технология ковшевой обработки стали включает в себя последовательную обработку на установке доводки металла и агрегате «ковш-печь» и позволяет повысить степени десульфурации стали без увеличения расхода извести.

**Четвертая глава** посвящена изучению механизмов влияния режимов и конкретных технологических параметров выплавки и ковшевой обработки шаровых сталей на качество непрерывнолитых заготовок и производимых из них мелющих шаров. На основании комплекса металлографических и статистических исследований подтверждено значимое влияние использования усовершенствованных

режимов производства шаровых сталей на снижение загрязненности непрерывнолитых заготовок неметаллическими включениями оксидного и силикатного типов, уменьшение развития химической неоднородности по сечению заготовок, снижение интенсивности образования флокенов. Установлено, что улучшению металлургического качества мелющих шаров способствует уменьшение окисленности стали на выпуске из конвертера, снижение содержания серы в готовой стали, увеличение длительности продувки инертным газом при обработке на агрегате «ковш-печь» и уменьшение концентрации водорода в стали после ковшевой обработки.

Автореферат соответствует содержанию диссертации, основные результаты исследований опубликованы в рецензируемых научных изданиях и апробированы на научно-технических конференциях всероссийского и международного уровня.

### **Теоретическая и практическая значимость работы:**

Основную ценность с точки зрения научной значимости представляют следующие результаты, полученные соискателем:

- получена новая информация о характере движения газошлакометаллической эмульсии в объеме рабочего пространства при различных параметрах шлака, механизме накопления газа в подфурменной зоне и выходе продуктов реакции на поверхность ванны при продувке расплава;

- получены оригинальные научно обоснованные данные о распределении температурных полей в объеме наконечников кислородных фурм различных конструкций;

- определены закономерности влияния технологических параметров выплавки и ковшевой обработки конвертерных шаровых сталей на образование дефектов непрерывнолитых заготовок.

Практическую значимость работы подтверждают:

- эффективность внедрения разработанных дутьевого и шлакового режимов конвертерной плавки, режимов раскисления и ковшевой обработки шаровых сталей в кислородно-конвертерном цеха №2 АО «ЕВРАЗ ЗСМК», проявившихся в снижении отбраковки мелющих шаров при их испытаниях на ударную стойкость на 3% (подтверждено справкой о внедрении);

- принятие для внедрения в сталеплавильном производстве АО «ЕВРАЗ ЗСМК» проектно-технической документации на разработанные конструкции 5-ти и 6-ти сопловых наконечников кислородных фурм с центральным охлаждением, обеспечивающих при эксплуатации повышение стойкости дутьевых устройств. (подтверждено справкой);

- внедрение результатов диссертационной работы в учебный процесс ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» при использовании материалов диссертации при подготовке магистров по направлению 22.04.02 «Металлургия» (подтверждено справкой).

-

Работа в целом оставляет положительное впечатление, однако имеется ряд замечаний:

1. В заключении в диссертационной работе и в автореферате приводится мало цифровых значений, позволяющих оценить эффективность принятых решений;

2. В работе наряду с термином «ковшевая» автор использует формулировку «внепечная» обработка, что является не совсем корректным по отношению к технологии получения конвертерной стали, так как конвертерный процесс является автогенным, идет без подвода тепла извне, а сам кислородный конвертер не является печью;

3. В явном виде не отмечена взаимосвязь между результатами численного моделирования гидродинамики металла и шлака в процессе продувки расплава, представленными в главе 2, с выбранными направлениями совершенствования технологии и режимов продувки конвертерной плавки (глава 3).

4. В тексте диссертации неоднократно встречается утверждение об особенностях конвертерной плавки в большегрузных конвертерах, в том числе аэро- и гидродинамических закономерностях при конвертерной операции. При этом в тексте отсутствуют пояснения, о каких именно особенностях идет речь и насколько они являются критически значимыми применительно к задачам, решаемым в рамках данной диссертации.

5. В рамках диссертации не проведены исследования, направленные на совершенствование химического состава сталей для производства мелющих шаров. При этом реализация указанного направления позволяет значительно повысить эксплуатационные характеристики мелющих шаров, что, в частности, подтверждено самим автором в аналитическом обзоре (глава 1).

6. Диссертация в целом посвящена повышению качества шаровых сталей и показателей металлургического качества мелющих шаров. В связи с этим, на наш взгляд, несколько нелогичным в общей структуре диссертации выглядит раздел 2.2, посвященный разработке новых конструкций кислородных фурм повышенной стойкости. Возможно более значимыми имело бы смысл представить данные о положительном влиянии разработанных дутьевых режимов плавки на качество стали.

7. В главе 4 автором приводятся данные, что основной причиной неудовлетворительной ударной стойкости мелющих шаров из конвертерной стали производства АО «ЕВРАЗ ЗСМК» является наличие флокенов. В таком случае непонятно почему автором не предложены мероприятия по снижению содержания водорода в стали.

Следует отметить, что приведенные замечания носят уточняющий, в ряде случаев рекомендательный характер и, в целом, не снижают научно-практическую значимость представленной диссертационной работы.

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

Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые научно обоснованные технические и технологические решения, имеющие существенное значение для развития производства шаровых сталей. Диссертация обладает научной новизной и практической значимостью, выполнена на актуальную тему. Материалы диссертации в полной мере опубликованы в рецензируемых научных изданиях. По содержанию диссертация полностью соответствует паспорту научной специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Таким образом, диссертация «Развитие технических и технологических основ производства конвертерных сталей для мелющих шаров с повышенными эксплуатационными свойствами» полностью отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Морозов Иван Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Официальный оппонент,  
кандидат технических наук  
(специальность 05.16.02 - Metallургия  
черных, цветных и редких металлов),  
доцент, доцент кафедры металлургии  
и химической технологии  
ФГБОУ ВО «Магнитогорский  
государственный технический  
университет им. Г.И. Носова»

Служебный адрес:  
455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38  
Тел. +7 (3519) 298573  
E-mail: marina\_potapova8@mail.ru

  
05.06.2024г.  
  
Потапова Марина Васильевна  
  
Д.Г. Семенова

Я, Потапова Марина Васильевна, выражаю согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя Морозова Ивана Сергеевича и их дальнейшую обработку 