

Директор федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института металлургии Уральского
отделения Российской академии наук,
академик РАН, д.ф.-м.н., профессор

«07» 06 2024 г.



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

На современном этапе развития черной металлургии исследователями постоянно уделяется значительное внимание совершенствованию технологии производства сталей специального назначения, что обусловлено повышенными требованиями к параметрам качества и эксплуатационным характеристикам производимой из них металлопродукции. В последние десятилетия в связи с увеличением доли сталей специального назначения в общей структуре металлургического производства закономерно повышается значимость исследований в указанном научно-техническом направлении.

Таким образом, тематика диссертации Морозова И.С., связанная с повышением эксплуатационных характеристик мелющих шаров за счет совершенствования технологии производства шаровых конвертерных сталей обладает на сегодняшний день значительной актуальностью.

Научная новизна и значимость результатов диссертационного исследования для производства.

В рамках диссертационной работы получена новая научная информация и определен ряд закономерностей, несомненно, обладающих научной новизной, в том числе:

- определен характер движения газшлакометаллической фазы в объеме рабочего пространства, установлен механизм накопления газа в подфурменной зоне и особенностям выхода продуктов реакции на поверхность ванны при кислородной продувке расплава;
- установлена картина распределения температурных полей в объеме наконечников кислородных фурм различных конструкции;
- определены закономерности влияния технологических параметров выплавки и внепечной обработки конвертерных шаровых сталей на образование дефектов непрерывнолитых заготовок, параметры металлургического качества и ударостойкость производимых из них мелющих шаров.

Практическая значимость работы подтверждается:

- внедрением усовершенствованных параметров дутьевого и шлакового режимов конвертерной плавки, режимов раскисления и внепечной обработки шаровых сталей в условиях действующего кислородно-конвертерного цеха №2 АО «ЕВРАЗ ЗСМК»; при этом достигнуто повышение металлургического качества мелющих шаров и снижение их отбраковки при испытаниях на ударную стойкость на 3%;
- разработкой проектно-технической документации, принятой к внедрению в АО «ЕВРАЗ ЗСМК, на новые конструкции 5-ти и 6-ти сопловых наконечников кислородных фурм с центральным охлаждением, обеспечивающие при их внедрении повышение стойкости дутьевых устройств;
- внедрением результатов диссертационной работы в учебный процесс ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» при подготовке магистров по направлению 22.04.02 «Металлургия».

Оценка содержания диссертации.

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

Диссертация имеет «классическую» структуру для прикладных научных металлургических работ и включает в себя:

- аналитический обзор по выбранной тематике исследования;
- теоретическую главу, выполненную современными методами исследования с применением численного моделирования процессов выплавки, стали в кислородных конвертерах;
- главы, в которых представлены результаты разработки и опытно-промышленного опробования новых технологических режимов выплавки и внепечной обработки шаровых

сталей, закономерности влияния указанных режимов на параметры качества стали и эксплуатационные характеристики, производимых мелющих шаров.

Более детальный анализ содержания глав диссертации представлен ниже.

В первой главе освещены вопросы, связанные с особенностями химического состава и технологии производства специальных шаровых сталей, влиянием показателей качества шаровых сталей, технологических режимов их выплавки и внепечной обработки на эксплуатационные характеристики производимых мелющих шаров, проведен обзор исследований по совершенствованию дутьевых режимов и устройств для кислородных конвертеров при выплавке специальных шаровых сталей.

Во второй главе содержатся результаты численного моделирования режимов взаимодействия кислородных струй с расплавом при верхней продувке конвертерной ванны в большегрузных конвертерах АО «ЕВРАЗ ЗСМК», а также результаты разработки и совершенствования конструкций кислородных фурм с центральным охлаждением для условий указанных конвертеров. Применен подход, заключающийся в адаптации известных и усовершенствованных математических моделей для условий большегрузных конвертеров. Полученные данные моделирования позволили определить общие закономерности распределения потоков металла и шлака в процессе продувки конвертерной ванны и раскрыть особенности механизма формирования циркуляционных потоков, установить закономерности распределения температурных полей в наконечниках фурм с центральным охлаждением.

Третья глава целиком посвящена совершенствованию режимов выплавки и внепечной обработки шаровых сталей в условиях кислородно-конвертерного цеха №2 АО «ЕВРАЗ ЗСМК». Представлена подробная характеристика разработанных дутьевых и шлаковых режимов конвертерной плавки, позволяющих значительно улучшить показатели процесса, в том числе снизить содержание фосфора в стали на выпуске из агрегата. Приведены разработанные параметры двухэтапной комплексной внепечной обработки шаровых сталей на установке доводки металла и агрегате «ковш-печь», обеспечивающие повышение степени десульфурации стали без увеличения затрат на проведение данной операции.

В четвертой, заключительной, главе диссертации представлены результаты исследований влияния режимов и технологических параметров производства шаровых сталей на их качество и характеристики готовых мелющих шаров. Комплекс исследований, включая металлографический, рентгеноспектральный анализ и натурные эксперименты, позволил раскрыть закономерности и механизмы формирования структуры непрерывнолитых заготовок шаровых сталей и металлургического качества мелющих шаров.

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. 12 «Газо- и аэродинамика в металлургических агрегатах»;
- п. 17 «Пирометаллургические процессы и агрегаты»;
- п. 21 «Внепечная обработка металлов»;
- 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.

Несмотря на то, что работа в целом оставляет положительное впечатление по диссертации имеются следующие замечания, не носящие, однако, принципиального характера:

1. Из постановки задач исследований, из текста диссертации не совсем понятно, что имеет в виду автор, применяя терминологию «развитие технических основ производства конвертерных сталей» и вынося данную фразу в название работы. Диссертация в целом посвящена совершенствованию технологических режимов выплавки и внепечной обработки конвертерных сталей, то есть технологии производства.

2. Из текста диссертации (глава 3) в явном виде не прослеживается отличительная особенность оптимизированных дутьевых и шлаковых режимов конвертерной плавки при производстве шаровых сталей относительно сталей массового сортамента текущего производства. Такая постановка требует более конкретного представления в тексте разработок автора.

3. Значительная часть диссертации посвящена совершенствованию режимов раскисления и внепечной обработки расплава в сталеразливочном ковше. При этом исследования с применением математического моделирования гидродинамических процессов выполнены только применительно к выплавке стали в конвертере.

4. Из рисунков 3.3 и 3.4 диссертации не совсем понятно, за счет чего на опытных и сравнительных плавках при постоянной основности шлака и постоянной его окисленности достигнуты более низкие концентрации фосфора на опытных плавках?

5. В таблице 3.3 необходимо было для сравнения привести усредненные технологические параметры плавов текущего производства стали марок Ш2.1 и Ш2.3. Очень не хватает представления материала в виде «было-стало» (в виде таблицы или рисунка) для операций получения металла в конвертере и при внепечной обработке, чтобы четко разделить, какие были внесены изменения в существующую технологию.

6. Диссертационная работа, рисунок 3.6, автореферат, рисунок 7 — в чем смысл высоты столбцов? не проще ли было представить материал в виде таблицы с указанием

продолжительности каждого периода? Таблица 3.4 диссертационной работы - отсутствуют единицы измерения величин.

7. На рисунке 3.7 представлены зависимости степени десульфурации шаровых сталей марок Ш2.1 и Ш2.3 от расхода извести при их обработке на АКП по двум различным режимам (базовому и усовершенствованному). При этом отсутствуют данные о влиянии других шлакообразующих компонентов и других элементов комплексной технологии на эффективность десульфурации стали, что ставит под сомнение выводы о положительном влиянии усовершенствованного режима внепечной обработки на удаление серы из расплава.

8. В тексте диссертации (на стр. 14) приводятся данные, что конвертерная сталь, предназначенная для производства шаров, в условиях сталеплавильного производства АО «ЕВРАЗ ЗСМК», разливается, как на МНЛЗ, так и в изложницы. При этом в качестве объекта для совершенствования технологии производства выбрана только непрерывнолитая сталь и обоснование данному выбору отсутствует.

9. Автореферат страница 15 и диссертационная работа страница 74-75: внепечная обработка металла начинается либо с раскисления, потом продувка аргоном и замер окисленности, либо с продувки аргоном, замера окисленности и раскисления. Вопросы: каковы причины вспененности и спокойствия шлака при выплавке исследуемой марки стали? И насколько адекватно проводить раскисление без учета окисленности металла, ведь в первом случае обработки (раскисление идет до замера окисленности) количество раскислителей сложно спрогнозировать, тогда как во втором (раскисление идет после замера окисленности) расход раскислителей будет более рациональным.

10. Диссертационная работа, страница 77: указано, что оптимальная толщина шлака на АКП 150-200 мм, при этом не совсем понятна, как проводится корректировка толщины шлака в большую и меньшую сторону?

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

Приведенная выше информация, позволяет сделать вывод, что диссертация «Развитие технических и технологических основ производства конвертерных сталей для мелющих шаров с повышенными эксплуатационными свойствами» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится научное обоснование технических и технологических решений по совершенствованию технологии выплавки и внепечной обработки шаровых сталей. Указанные технические и технологические решения вносят существенный вклад в развитие отечественной черной металлургии, что подтверждается результатами их внедрения в АО

«ЕВРАЗ ЗСМК», являемся одним из ведущих российских производителей мелющих шаров. Основные материалы диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях, диссертационная полностью соответствует паспорту научной специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов.

По результатам обсуждения принято решение, что диссертация И.С. Морозова «Развитие технических и технологических основ производства конвертерных сталей для мелющих шаров с повышенными эксплуатационными свойствами» полностью соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013г. №842, а ее автор, Морозов Иван Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Диссертационная работа обсуждена на расширенном семинаре Отдела черной металлургии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института металлургии Уральского отделения Российской академии наук (Протокол №1 от 05.06.2024 года).

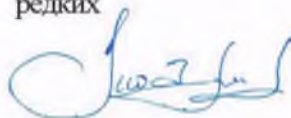
05.06.2024 года

Заведующий лабораторией проблем
техногенных образований, к.т.н. (05.16.02 –
Metallургия черных, цветных и редких
металлов), тел. 8(343)232-90-19
E-mail: avari@mail.ru



Егиазарьян Денис Константинович

Старший научный сотрудник лаборатории
стали и ферросплавов, к.т.н., (05.16.02 –
Metallургия черных, цветных и редких
металлов), тел. 8(343)232-90-26
E-mail: ferrostal@bk.ru



Михайлова Людмила Юрьевна

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук (ИМЕТ УрО РАН), 620016, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, 101, тел. 8(343)267-91-24, e-mail: imet.uran@gmail.com.

Подписи заведующего лабораторией проблем техногенных образований, к.т.н. Егиазарьяна Дениса Константиновича и старшего научного сотрудника лаборатории стали и ферросплавов, к.т.н. Михайловой Людмилы Юрьевны удостоверяю:

Ученый секретарь ИМЕТ УрО РАН, к.х.н.



Котенков Павел Валерьевич

Я, Егиазарьян Денис Константинович, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в этом документе.

Я, Михайлова Людмила Юрьевна, согласна на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в этом документе.

