

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу аспиранта Калиногорского Андрея Николаевича на тему: «Исследование и совершенствование технологии нанесения огнеупорных покрытий на футеровку большегрузных конвертеров с использованием высокомагнезиальных флюсов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Представленная диссертационная работа включает введение, в котором обосновывается актуальность темы исследования, четыре исследовательских раздела, выводы по каждому разделу, общее заключение по работе, список использованной литературы (164 источников) и приложения (акты по использованию результатов выполненной работы на ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» и их применению в учебном процессе ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»).

Разделы работы:

1. Современное состояние теории и практики нанесения шлакового гарнисажа на футеровку кислородных конвертеров.
2. Изучение особенностей применения вихревых течений для оптимизации процесса нанесения огнеупорных покрытий на футеровку агрегатов.
3. Исследование и разработка рациональных параметров эксплуатации специальных дутьевых устройств для нанесения шлакового гарнисажа на футеровку большегрузных конвертеров.

4. Исследование и совершенствование технологии продувки металла и нанесения огнеупорных покрытий с использованием высокомагнезиальных флюсов для условий эксплуатации большегрузных конвертеров ОАО «ЕРАЗ ЗСМК».

Рассматриваемая диссертационная работа является логичным продолжением цикла систематических исследований, проводимых кафедрой «Металлургия черных металлов» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» в сотрудничестве со специалистами АО «ЕРАЗ ЗСМК», других организаций и предприятий по совершенствованию технологии конвертерного производства стали.

1. Актуальность темы

Диссертационная работа аспиранта Калиногорского А.Н. представляет комплекс теоретических и экспериментальных исследований, направленных на решение одной из важнейших проблем кислородно-конвертерного процесса производства - увеличения стойкости огнеупорной футеровки конвертеров и за счёт этого снижения материальных и энергетических затрат.

В настоящее время при выплавке стали в конвертерах широко используются высокомагнезиальные флюсы для снижения агрессивного воздействия шлака на футеровку агрегата и технологии нанесения шлакового гарнисажа как важные ресурсо- и энергосберегающие мероприятия в металлургическом производстве. Однако научное обоснование и разработка новых подходов к оптимизации технологических режимов этих процессов недостаточно.

В связи с изложенным тема диссертации представляется актуальной.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с приоритетными направлениями развития науки, технологии и техники в Российской Федерации по заданию Минобрнауки России при грантовой поддержке ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»

2.Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций в работе

Предметом исследования в рассматриваемой диссертационной работе является разработка технологических вариантов применения высокомагнезиальных флюсов и конструктивных параметров специальных дутьевых устройств для совершенствования технологии нанесения огнеупорных покрытий на футеровку большегрузных конвертеров.

Полученные в работе результаты позволяют расширить существующие представления об особенностях формирования конвертерных магнезиальных шлаков, механизме взаимодействия газовых струй различной структуры со шлаковым расплавом, оценить преимущества раздувки шлака вихревыми газовыми струями с применением специальных газоохлаждаемых дутьевых устройств.

Высокая научная и практическая значимость диссертационной работы подтверждается следующими достижениями диссертанта:

- установлены механизм и гидрогазодинамические режимы взаимодействия вихревых газовых струй со шлаковым расплавом, изучены параметры движения капель шлака в объеме конвертера, определено оптимальное для технологии нанесения огнеупорных покрытий соотношение незакрученной и закрученной составляющих скорости вихревой газовой струи;

- разработана методика анализа теплообменных процессов в рабочем пространстве конвертера, определены температурные нагрузки и выполнено расчетно- теоретическое обоснование газового охлаждения дутьевых гарнисажных устройств;

- определены фазовые и структурные превращения в высокомагнезиальном шлаковом расплаве при продувке и после раздувки шлака.

- разработаны рациональные параметры шлакового режима конвертерной плавки с применением высокомагнезиальных флюсов и

нанесения с использованием новых конструкций фурм шлакового горнисажа на футеровку 350-т конвертеров АО «ЕРАЗ ЗСМК», позволяющие снизить ресурсо- и энергопотребление при выплавке стали.

Степень обоснованности выводов, сформулированных в диссертации, обеспечивается применением современных методов исследования: использованием моделирования процесса нанесения огнеупорных покрытий на футеровку конвертера, численного исследования теплообмена в специальных дутьевых устройствах для раздувки шлака, анализом химического и фазово– минералогического составов, физических и технологических свойств высокомагнезиальных шлаков. Достоверность результатов теоретических и экспериментальных исследований подтверждается также результатами промышленного опробования разработанных технологических решений.

3. Степень новизны выводов, сформулированных в диссертации

закljučаются в следующем:

- в результате физического моделирования выявлены основные закономерности взаимодействия нестационарных газовых струй с шлаковым расплавом, что позволяет определить основные параметры нового технологического варианта нанесения огнеупорных покрытий вихревыми газовыми струями;

- результаты численного исследования теплообменных процессов в рабочем пространстве конвертера при нанесении шлакового гарнисажа позволяют оценить тепловые потоки, температурные нагрузки на основные конструктивные элементы специальных дутьевых устройств и установить возможность их охлаждения азотом, подаваемым на раздувку шлака;

- при использовании высокомагнезиальных флюсов теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность формирования конвертерного и гарнисажного шлака с высокими рафинирующими и огнеупорными свойствами.

Основные положения и результаты диссертации Калиногорского А.Н. в достаточной степени изложены в научно-технических изданиях и обсуждены на международных и всероссийских научных и научно-практических конференциях. По результатам выполненных исследований опубликовано 16 научных статей, в том числе 6 статей в изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования результатов кандидатских и докторских диссертаций. Автореферат диссертации достаточно полно отражает структуру диссертационной работы, раскрывает содержание и полностью соответствует ее основным положениям.

По работе имеются следующие замечания:

- в подразделе 2.1, при рассмотрении методики моделирования указывается, что «в исследованиях подачу газовых струй различной структуры осуществляли через разработанные конструкции наконечников для верхней фурмы». Далее приводятся и анализируются результаты исследования только вихревых течений при использовании специальных фурм. Вопрос: реализуются и можно ли в принципе организовать вихревые течения при использовании многосопловых фурм обычной конструкции? Если можно, то каким способом?

- в подразделе 2.2, посвященном исследованию аэродинамики шлаковой ванны при использовании вихревых течений для нанесения огнеупорных покрытий на футеровку, указывается «при обычном варианте раздувки моделирующей жидкости газовыми струями наблюдается два основных гидрогазодинамических режима взаимодействия». Затем приводится детальная характеристика особенностей этих режимов. Являются ли приведенные результаты оригинальными или они заимствованы из литературы? Если они получены диссертантом, необходимо пояснить, что нового в данной работе по этому направлению выполнено? Реализуются ли эти режимы при использовании вихревых фурм?

- в работе показана принципиальная возможность и преимущества раздувки шлакового расплава вихревыми газовыми струями с целью нанесения

огнеупорных масс на футеровку конвертеров, однако, отсутствует анализ целесообразности и возможности использования для этого пульсирующего дутья. Какие особенности формирования вихревых газовых потоков могут прогнозироваться в этом случае?

-использование азота для охлаждения торкрет- и газопорошковых гарнисажных фурм, весьма привлекательно, но конструктивная прочность таких устройств может быть недостаточной. Хотелось бы уточнить, насколько принятые в работе допущения могут повлиять на точность расчета температурных нагрузок на конструктивные элементы фурм и вывода о применении для их изготовления углеродистых сталей?

- исследование изменения концентрации насыщения MgO в шлаковом расплаве по периодам конвертерной плавки при использовании высокомагнезиального флюса ФОМИ выполнено на основе данных диаграммы четырехкомпонентной оксидной системы $CaO'-MgO'-FeO'-SiO_2'$. При этом стоит вопрос – насколько результаты для указанной оксидной системы соответствуют химическому составу промышленного конвертерного шлака;

- в разделе 4 приводятся результаты исследований по совершенствованию технологии продувки металла и нанесения покрытий с использованием высокомагнезиальных флюсов. Представлены обширные интересные в научном и практическом плане результаты по изучению физико-химических и фазово-минералогических свойств конвертерного шлака по ходу плавки и модифицированного добавками гарнисажного шлака. К сожалению, по опытным плавкам не приведены данные по составу шихты, дутьевому режиму, конструкции фурм, режиму введения шлакообразующих материалов, температуре металла, его химическому составу на промежуточных повалках и в конце плавки. По опытно–промышленным кампаниям не ясно какие из рекомендованных по результатам выполненных исследований технологических режимов применены: по конструкциям

фурмы (обычная, торкрет-фурма, газопорошковая, вихревая), параметрам введения высокомагнезиальных флюсов, дутьевым режимам.

Все это затрудняет анализ полученных результатов и влияет на корректность их обсуждения и выводы. Например, на стр. 96 указывается, что содержание марганца в чугуна опытной плавке № 521146, которую диссертант относит к «характерной», составляет 0,65%, что не является типичным для конвертерного производства ЗСМК. Увеличение концентрации оксидов марганца в шлаке влияет на скорость и полноту ассимиляции извести и магнезиальных флюсов, физические, физико-химические и фазово-минералогические характеристики шлака. В то же время по результатам исследования образцов этой плавки рассматривается влияние содержания MgO на формирование шлака в процессе продувки.

- в диссертации нет убедительной доказательной базы, что присадка высокомагнезиальных добавок на лом именно в количестве 30% является оптимальной, хотя эта рекомендация не оспаривается, учитывая растворение гарнисажа в начальные периоды плавки. Не прозвучали четко рекомендации по оптимальному содержанию MgO в шлаке конца продувки, обеспечивающего формирование стойкого огнеупорного покрытия на футеровке агрегата при сохранении высокой рафинирующей способности шлака. При защите диссертации хотелось бы получить соответствующие разъяснения по этим вопросам.

Высказанные замечания не носят принципиального характера и в ряде случаев являются дискуссионными. Диссертационная работа диссертанта Калиногорского А.Н. представляет собой совокупность теоретических и экспериментальных исследований, выполненных на актуальную тему, является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научные разработки и технологические решения, имеющие существенное значение для развития металлургической отрасли страны. Работа соответствует требованиям п.9 Постановления Правительства

Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Калиногорский Андрей Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Научный руководитель,
первый заместитель генерального директора
ОАО «Уральский институт металлов»,
д.т.н., профессор, академик РАН
Смирнов Леонид Андреевич
620062 г. Екатеринбург, ул. Гагарина, 14.
Тел.: (343) 374-03-91, e-mail: uim@ural.ru



Л.А. Смирнов

11.11.2016

Подпись Л.А. Смирнова заверяю:

/ Начальник отдела кадров ОАО «УИМ»