

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Харченко Елены Олеговны

на диссертацию Виноградова Евгения Николаевича

«Разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий повышения эффективности коксоаглодоменного производства», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Актуальность избранной темы

Направление развития металлургической отрасли в настоящее время заключается в снижении себестоимости затрат на производство металла и уменьшении выбросов в окружающую среду. Сокращение потребления кокса при производстве чугуна в современных доменных печах возможно разработкой и внедрением рациональных технологических решений по воздействию на процесс через загрузку шихтовых материалов в колошниковое пространство печи и дутьевые параметры. В связи с чем, разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий повышения эффективности коксоаглодоменного производства является актуальной.

Объем и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав и выводов, списка использованных символов и сокращений, приложения. Объем основного текста диссертации с заключением составляет 177 страниц машинописного текста, содержит 47 рисунков, 27 таблиц, список использованных источников включает 159 наименований. Имеется 1 приложение – акт внедрения технологических мероприятий в производство и проект изменения в технологическую инструкцию ПАО «Северсталь».

Введение

Обоснована актуальность темы работы, направленной на энерго и ресурсосбережение в металлургии за счет разработки ресурсосберегающей технологии повышения эффективности коксоаглодоменного производства. Сформулированы цель и задачи исследования, показана научная новизна и практическая значимость, представлены сведения об апробации работы, достоверности полученных результатов, личном вкладе автора.

Глава 1.

Рассмотрена технологическая цепочка коксоаглодоменного производства (КАДП) ПАО «Северсталь», указаны основные сдерживающие факторы для дальнейшего ее развития. Проведен литературный обзор по вопросу влияние различных факторов на технико-экономические показатели работы доменных печей на отечественных и зарубежных предприятиях. Выявлены основные проблемы по разработке мероприятий, обеспечивающих высокоэффективное использование и максимальную загрузку мощностей КАДП ПАО «Северсталь» в условиях высокого расхода природного газа, переменного состава угольной и железорудной части шихты и требований к выбросам CO₂.

Глава 2.

Представлены результаты лабораторных исследований по выявлению закономерностей формирования жидких фаз из железорудного сырья с различным содержанием SiO_2 и фильтрации расплава через кокс различного качества. Уточнены зависимости определения температур размягчения и плавления железосодержащих окатышей с содержанием SiO_2 менее 5 % в условиях работы доменных печей с низким выходом шлака, что позволило уточнить положение зоны первичного шлакообразования и обосновать управляющее воздействие. Изложены результаты промышленных испытания на ДП № 5 ПАО «Северсталь» с выходом магнезиального шлака (MgO до 14,5 %) менее 250 кг/т чугуна с использованием низкокремнистых (содержание SiO_2 в диапазоне 2,8 - 3,6%), частично офлюсованных окатышей Костомукшского ГОКа с повышенным содержанием железа (до 66,0%) и рядовых окатышей (содержание SiO_2 в диапазоне 5,0-5,5%).

Глава 3.

Лабораторными исследованиями изучены физико-химические свойства кокса отобранного с фурменной зоны и с отметки доменной печи, равной 25705 мм (2/3 высоты шахты). Полученные результаты свидетельствуют об изменении реакционной способности кокса и его горячей прочности в процессе движения его от колошника к горну и неравномерном распределении щелочных элементов (Na и K) в куске кокса – увеличение концентрации соединений калия в теле кокса и соединений натрия на поверхности. Приведены результаты внедрения в ПАО «Северсталь» разработанной технологии использования углей условно пригодных для коксования в новом виде твердого топлива - инновационном продукте углеродсодержащем, произведенном из шихты, содержащей от 60 до 100% малоценных угольных концентратов, с себестоимостью, составляющей 65-70% от себестоимости металлургического кокса.

Глава 4.

Описаны результаты запатентованной автором технологии загрузки мелкой фракции агломерата в пристеночную зону доменные печи. Обеспечивали это путем замены части кондиционного агломерата на агломерат мелких фракций в верхнем слое первого железорудного скипа подачи. В результате температура газа на периферии уменьшилось на 40-70 °С, снижение удельного расхода кокса и увеличение производительности печи составили 0,5 и 0,2%, соответственно.

Глава 5.

Приведены результаты лабораторных экспериментов по влиянию водорода в составе смесей восстановительных и восстановительно – окислительных газов на процессы «восстановления – плавления» железорудных материалов. Показано, что повышение в составе восстановительного газа водорода на каждые 5% при уровне $\text{CO} = 30\%$ увеличивает восстановимость железорудного материала, в среднем, на 2,5 - 3,0 %. При высоком содержании водорода в восстановительном газе содержание $\text{Fe}_{\text{мет}}$ в окатышах выше, чем в агломерате, в среднем, на 15 – 20 % (отн.). Освоена технология ведения доменной плавки с расходом природного газа более 200 м³/т чугуна. В процессе

освоения были выявлены ограничивающие факторы и внедрены мероприятия по их устранению. Это позволило сократить удельный расход кокса с коэффициентом замены 0,57 кг/м³.

Научная новизна полученных результатов

Диссертационная работа Виноградова Е.Н. имеет новые научные результаты:

Установлено различие в распределении щелочных элементов в структуре куска кокса, отобранного на высоте 2/3 шахты печи. На поверхности куска максимальное содержание натрия и минимальное калия. В центре кокса максимальное содержание калия при минимальном количестве натрия.

Выявлены взаимосвязи состава и количества первичного шлака с показателями процесса науглероживания чугуна. Увеличение оксида железа в первичном шлаке на 1,0% от массы образца приводит к сокращению содержания углерода в промежуточном металлоуглеродистом расплаве в среднем на 0,075%.

Обнаружена зависимость высокотемпературных характеристик железорудного сырья от реакционной способности кокса. При снижении показателя горячей прочности кокса с 53,0 % до 44,2 % температуры начала фильтрации жидких фаз понижаются на 10 – 25°C, масса первичного высокозакаисного расплава и содержание в нем FeO увеличивается на 7,0 – 12 % (отн.) и 3 – 5 % (отн.), соответственно.

Практическая значимость работы

Разработанные ресурсосберегающие технологические решения внедрены в производство ПАО «Северсталь». Они включают освоение технологии малошлаковой доменной плавки содержащего 14,5 % MgO, обеспечение расхода природного газа более 200 м³/т чугуна в условиях повышенной доли окатышей и загрузку в доменную печь некондиционных фракций агломерата. Вовлечены в производство кокса малоценные угольные концентраты. Совокупность этих решений позволила существенно снизить удельный расход кокса и обеспечить их на уровне 307,4-335,6 кг/т чугуна в зависимости от условий работы печей. Практическая значимость подтверждена актом внедрения в ПАО «Северсталь»

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Положения, выносимые на защиту, являются достоверными и обоснованными. Основные научные положения диссертации разработаны на основе экспериментальных экспериментов на сертифицированном лабораторном оборудовании и промышленных доменных печах. Достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования подтверждается положительным опытом внедрения разработанных технологических рекомендаций.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность

Работа содержит все необходимые для кандидатской диссертации составные части и носит завершенный характер. Она написана хорошим техническим языком, грамотно оформлена. Содержание автореферата полностью соответствует диссертации, раскрывает идею, защищаемые положения, научную новизну и выводы.

По теме диссертации опубликовано 15 научных трудов, из них 4 публикаций в рецензируемых журналах, 8 патентов РФ.

Замечания по диссертации

1. В названии второй главы заявлено совершенствование технологии доменной плавки с высокой долей окатышей в железорудной части шихты. Из текста этой главы не следует, как и где это было реализовано. В опытные периоды доменные печи работали с долей окатышей не превышающей 35 %. В частности, это подтверждается таблицей 2.4. в которой указано, что на доменной печи № 4 доля окатышей от массы железорудного сырья составляла 34,2 %. Такое их содержание в шихте нельзя назвать повышенным. Таким образом, название главы частично соответствует ее содержанию.

2. На странице 54 диссертации приведен текст «...Влияние оксида магния на вязкость конечных шлаков в температурном диапазоне 1300 – 1600 °С представлено данными таблицы 2.5 и на рисунке 2.3. Повышение содержания MgO в конечном доменном шлаке с 11,5 % до 14,5 % приводит к повышению его вязкости в среднем на 10 – 15 %». При этом на рисунке 2.3. приведено изменение вязкости шлака от температуры при различном содержании MgO от 12 до 14,5 % при условии постоянства остальных оксидов, а в таблице 2.6. приведены свойства шлаковых расплавов в опытный период работы доменной печи. В частности, в периоде с содержанием MgO 14,5 % по сравнению с периодом (MgO 13 %) уменьшилась основность по CaO/SiO₂ на 5 % отн., что действовало в направлении уменьшения вязкости шлака и компенсирования увеличения вязкости от роста MgO согласно рисунку 2.3. Целесообразнее было привести на данном графике изменение вязкости от основности при различном содержании MgO в шлаке для разных уровней температуры.

3. В пункте 4.2. представлена запатентованная автором технология загрузки мелкой фракции агломерата в доменные печи с лотковым загрузочным устройством. Широко описаны режимы их подачи в колошниковое пространство печи. Однако, много описательного текста без конкретных результатов и условий.

- Не приведено ни одной таблицы по результатам работы печи и условий их работы. В том числе не указана определяющая зона по силовому взаимодействию потоков шихты и газа в печи в исследуемые периоды, нет оценки газодинамики работы верхней зоны печи.

- На стр. 108 диссертации «...На рисунке 4.6 приведено типичное распределение основных железорудных компонентов по радиусу колошника ДП №5, полученное методом математического моделирования процесса загрузки этой печи...» Какой метод математического моделирования использовали, критерии моделирования? Проверка на адекватность данной модели также не указана.

4. В главе 5 в период проведения промышленных экспериментов по увеличению расхода природного газа теоретическая температура горения понижалась до 1750 °С. Ее уменьшение обусловлено ростом расхода газа без должного компенсирования содержанием кислорода или температурой дутья. При этом в работе не отражено ее распределение по окружности горна печи в новых сформировавшихся условиях. Очевидно, что отличие расхода дутья по фурмам ввиду неравномерного образования тугоплавких масс в объеме нижней части печи и, следовательно, газопроницаемости слоя в разных секторах по окружности приводит к неравномерному распределению теоретической температуры горения по фурмам.

Отмеченные замечания не снижают ценности диссертационной работы и ее основных результатов и носят дискуссионный характер.

Заключение по диссертации

Оценивая работу в целом, следует отметить, что она является законченной научно-квалификационной работой. В ней изложены новые научно обоснованные технологические решения, направленные на ресурсосбережение и повышение эффективности коксоаглодоменного производства. Диссертационная работа имеет теоретическую ценность и практическую значимость.

Диссертационная работа соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, согласно пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», а соискатель, Виноградов Евгений Николаевич, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallurgy черных, цветных и редких металлов.

Автор отзыва дает согласие на обработку персональных данных.

Официальный оппонент Харченко Елена Олеговна,
доцент кафедры металлургии и химических технологий
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»,
кандидат технических наук по специальности 2.6.2.
Metallurgy черных, цветных и редких металлов

Подпись доцента кафедры металлургии и химических технологий,
Харченко Е.О., к.т.н. подтверждаю:


ПОДПИСЬ

17.09.2026г.

455000, г. Магнитогорск, пр. Ленинский, 48
Тел.: +7 (906) 871-74-34.
E-mail: eo.mgtu@mail.ru

