

УТВЕРЖДАЮ

Ректор



Государственного образовательного
учреждения высшего
профессионального образования
Донецкой Народной Республики
«Донецкий государственный
технический университет»
канд. экон. наук, доцент

А.М. Зинченко

« 17 » 10 2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Кузина Андрея Викторовича на тему «Развитие научных основ и технологии доменной плавки с использованием подготовленного по фракционному составу кокса», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Актуальность для науки и практики

При выплавке чугуна в доменных печах для улучшения газодинамики столба шихтовых материалов кокс подвергают грохочению для выделения фракций, как правило, крупностью менее 25-35 мм. В большинстве случаев, содержание крупных фракций (более 80 мм) в скиповом коксе составляет 10-15 %. Кроме того, выделяемый отсев кокса (менее 25-35 мм) зачастую используется нерационально. Автором на основании анализа подготовки кокса в условиях ряда действующих доменных цехов была предложена схема, включающая следующие основные этапы рациональной подготовки кокса по фракционному составу: выделение фракции крупнее 80 мм с последующим её дроблением; выделение и загрузка в доменную печь фракции крупнее 35-40 мм; выделение из отсева коксового орешка крупностью от 10-15 до 35-40 мм с последующей загрузкой его в доменную печь в смеси с железорудной шихтой.

Масштабное освоение технологии доменной плавки при вдувании пылеугольного топлива столкнулось с тем, что из-за снижения доли кокса в доменной печи существенно ухудшилась газопроницаемость столба шихты, что обусловлено снижением разрыхлительной функции кокса и требует дополнительных исследований технологии подготовки кокса к доменной плавке по фракционному составу.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Вх. № 16/158
« 06 » 11 20 19 г.

Основное внимание в представленной к защите диссертационной работе уделено важной научно-практической проблеме, связанной с рациональной подготовкой к доменной плавке кокса по фракционному составу. Для решения этой проблемы на основе усовершенствованной или разработанных математических моделей была установлена зависимость изменения газопроницаемости в зоне когезии, и усовершенствованы способы загрузки доменных печей, обеспечивающие повышение газопроницаемости рудной части. Полученные выводы и рекомендации позволяют повысить эффективность доменной плавки. Актуальность темы диссертации не вызывает сомнения.

Основные научные результаты и их значимость для науки и производства

Основные научные результаты, полученные автором:

1. Получило дальнейшее развитие представление о газопроницаемости рудного слоя при введении в него коксового орешка в «сухой» зоне доменной печи. Определено, что с учётом расходования углерода коксового орешка на прямое восстановление оксида железа газопроницаемость слоя смеси уменьшается на 5-7,5 % (абс.) в сравнении с газопроницаемостью слоя такой же смеси без учёта протекания процесса восстановления.
2. Впервые установлено количественное влияние на газопроницаемость зоны когезии введение коксового орешка в рудный слой. Определено, что в зоне когезии рудный слой даже без добавки в него коксового орешка является газопроницаемым, и этим обеспечивается прохождение через этот слой газов в количестве минимум 6,9 % от общего его расхода. Введение в рудный слой коксового орешка в количестве 30 % обеспечивает дальнейшее повышение количества газа, проходящего через рудный слой, до 36,1 % и улучшение газопроницаемости зоны когезии на 18 %.
3. Впервые установлено количественное влияние компенсирующих мероприятий на газопроницаемость зоны когезии при использовании технологии доменной плавки с высоким расходом пылеугольного топлива. Показано, что перепад давления газа в зоне когезии при повышении содержания железа в шихте от 56 до 60 % снижается на 1,1-1,5 %, при повышении прочности кокса после реакции с CO_2 от 40 до 60 % – на 40 %, при уменьшении на 25 % температурного интервала размягчения железорудных материалов – до 25 %.
4. Получило дальнейшее развитие представление о газопроницаемости коксовой линзы в зоне когезии при использовании скипового кокса различного фракционного состава. Показано, что перевод доменной печи со скипового кокса крупностью более 25 мм на фракцию 40-80 мм позволяет в зоне когезии снизить перепад давления газа в коксовой линзе на 7,7 %.
5. Получило дальнейшее развитие представление о степени восстановления оксидов железа при введении коксового орешка различной крупности в железорудный материал. Показано, что максимальная степень восстановления оксидов железа наблюдается при использовании коксового орешка крупностью не более крупности железорудного материала.

6. Получило дальнейшее развитие представление о размягчении железорудных материалов при введении в них коксового орешка. Показано, что введение коксового орешка в количестве 30 % в слой окатышей приводит к меньшему разбуханию этого слоя на 2,7 % (абс.), что будет способствовать снижению бокового давления шихты на стенки печи.

Значимость для науки результатов исследований заключается в том, что:

1. Установлена зависимость изменения газопроницаемости рудной части шихты в «сухой» зоне при введении в железорудный слой коксового орешка с учетом расхода части его углерода на реакции прямого восстановления FeO . Показано, что газопроницаемость слоя смеси при этом уменьшается, что необходимо в дальнейшем учитывать при разработке новых или совершенствовании известных математических моделей.

2. Установлено, что рудная линза в зоне когезии даже без добавки коксового орешка является газопроницаемой. Показано, что применение коксового орешка способствует дальнейшему увеличению количества газа, проходящего через рудную линзу в зоне когезии.

3. Получило дальнейшее развитие представление о перераспределении участия углерода кокса в реакциях прямого восстановления оксидов железа при использовании технологии пылевдувания. Показано, что введение коксового орешка в железорудную часть шихты способствует как снижению участия углерода кокса в реакциях прямого восстановления, так и повышению доли углерода кокса, доходящего до фурм.

4. Установлено количественное влияние параметров ряда компенсирующих мероприятий на газопроницаемость зоны когезии при использовании технологии пылевдувания. Показано, что повышение содержания железа в шихте и прочности кокса после реакции с CO_2 , снижение температурного интервала размягчения железорудных материалов обеспечивают снижение перепада давления газа в зоне когезии. Эти сведения открывают новые возможности по выбору компенсирующих мероприятий, позволяющих в большей степени улучшать газопроницаемость зоны когезии при освоении технологии доменной плавки с высоким расходом ПУТ.

5. Получило дальнейшее развитие представление о влиянии фракционного состава скипового кокса на газопроницаемость коксовой линзы в зоне когезии.

6. Установлена связь гранулометрического состава кокса в нижней части доменной печи с показателем CSR, что открывает новые возможности для объективного анализа газопроницаемости коксовой насадки в горне и заплечиках, прогнозирования случаев загромождения горна и выбора кокса необходимого качества.

Практическое значение результатов работы определяется в следующем:

1. Усовершенствованы способы загрузки доменных печей путем разделения рудной части на две порции, составляющие от 30 до 70 % от её общей массы в скипе, и укладки между ними коксового орешка крупностью 8-40 мм или

кокса фракции крупнее 80 мм, либо металлургического кокса, что обеспечивает перемешивание их с рудным компонентом. Количество загружаемого разрыхлителя в рудную часть шихты не должно превышать 30 % от общей массы кокса.

2. Установлено изменение показателей качества металлургического кокса от крупности кусков. Показано, что классы крупности металлургического кокса 40-60 и 60-80 мм имеют наилучшие значения показателей качества по механической прочности, прочности после реакции с CO_2 , реакционной способности и истираемости. При выделении данных классов крупности в скиповый кокс и освоении технологии доменной плавки с вдуванием ПУТ обеспечивается повышение газопроницаемости столба шихты и наилучшие ТЭП работы печи.

3. На ряде доменных печей различного объема были использованы рекомендации по подготовке кокса к доменной плавке (снижение содержания фракции крупнее 80 мм в скиповом коксе, увеличение нижнего размера скипового кокса до 28-36 мм, повышение расхода коксового орешка в смеси с железорудной частью шихты до 22-34 кг/т чугуна), позволившие снизить в опытном периоде расход загружаемого твердого топлива на 8-14 кг/т чугуна при повышении производительности печей на 1,3-6,9 %.

4. На доменной печи № 5 объёмом 2300 м³ ПАО «ММК им. Ильича» освоена технология доменной плавки с вдуванием ПУТ в количестве 120-171,3 кг/т чугуна. Решению этой задачи способствовало применение комплекса компенсирующих мероприятий, в том числе и внедрение рекомендаций по подготовке кокса к доменной плавке. Внедрение рекомендаций по подготовке кокса обеспечило уменьшение расхода скипового кокса на 6,1 кг/т чугуна.

5. Обоснована возможность замены кокса до 50 % дополнительными видами топлива. Показано, что указанное снижение расхода кокса и повышение производительности доменных печей на 15,4-36,3 % обеспечивается за счёт повышения расхода ПУТ до 205-235 кг/т чугуна, применения высококачественного кокса и рациональной технологии его подготовки по фракционному составу, а также других компенсирующих мероприятий, обеспечивающих полную и комплексную компенсацию негативного влияния дополнительных видов топлива на технологию.

6. Материалы диссертации используются при обучении магистрантов по направлению подготовки 22.04.02 «Металлургия», магистерская программа «Металлургия чугуна».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

На ближайшую перспективу (10-20 лет) в мировом масштабе актуальным будет совершенствование технологии доменной плавки за счет замены кокса 60-70 % дополнительными видами топлива, в частности, пылеугольным топливом. Потребуется комплексное решение в области подготовки шихтовых материалов к доменной плавке. В частности, для решения данной проблемы необходимо дальнейшее исследование в области совершенствования технологии

рациональной подготовки кокса по фракционному составу к доменной плавке. Как один из элементов данной подготовки будет повышение расхода коксового орешка до 50-80 кг/т чугуна. Данные изменения при использовании кокса с учетом его рациональной подготовки по крупности будут нуждаться в дальнейшем исследовании: газопроницаемости столба шихтовых материалов как в области верха и низа доменной печи, так и зоне пластического состояния железорудных материалов; процессов восстановления оксидов железа как в твердом, так и в жидкофазном состояниях. Указанные изменения в доменной технологии будут нуждаться в разработке или усовершенствовании математических моделей газодинамики и восстановительных процессов в печи.

Потенциальными потребителями выполненных разработок являются доменные печи металлургических предприятий России и Украины, поскольку в этих странах наблюдается отставание от мирового тренда, как в техническом, так и в технологическом обеспечении доменного производства.

Общие замечания

1. В разделе 1 приведен обширный материал о работе как отечественных, так и зарубежных металлургических предприятий на фракционном коксе. При этом диссертант ограничивается констатацией полученных результатов, не делая анализа и обобщения ни условий работы доменных печей, ни достигнутых результатов.

2. Описывая опыт использования в доменных печах коксового орешка, диссертант в основном ссылается на свои публикации, что приводит к дублированию приведенных данных в разных разделах.

3. Приведенные в работе результаты о количестве кокса и коксового орешка дошедшего до зоны прямого восстановления (раздел 3.1) получены расчетным путем. Эти данные не подтверждены соискателем на действующих печах ни составами газов по высоте печи, ни содержанием FeO в шлаке на разных горизонтах, ни замерами температур и перепадов давления газа в печи.

4. Автор провел аналитическую оценку влияния расхода углерода коксового орешка на приход углерода скипового кокса на уровне воздушных фурм по результатам промышленных плавок с вдуванием ПУТ до 200 кг/т чугуна (раздел 3.2). Показано, что увеличение расхода коксового орешка до 50 % от общего расхода загружаемого кускового топлива, приводит к снижению участия углерода кокса в реакциях прямого восстановления и науглероживания чугуна и, соответственно, повышению доли углерода кокса дошедшего до фурм. Это могло бы быть пунктом научной новизны.

5. При оценке газопроницаемости зоны размягчения (раздел 3.3.) автор принимает, что она имеет Λ -образную форму с основаниями, опирающиеся на стенки распара. Однако, данное допущение правдиво лишь отчасти, поскольку при изменении дутьевых и шихтовых условий расположение зоны размягчения может меняться по высоте. Кроме того, автор не произвел оценку газопроницаемости зоны размягчения при W-образной ее форме.

6. Автором была предложена схема для рациональной подготовки кокса к доменной плавке (рисунок 3.15, стр. 137 диссертации). Элементами этой подготовки является выделение из металлургического кокса фракции более 80 мм с последующим ее додробливанием до фракции менее 35-40 мм. Желательно было бы определить баланс выделяемых фракций кокса.

7. Автором проведена аналитическая оценка гранулометрического состава кокса для низа доменной печи с использованием статистического распределения Вейбула и показателя «горячей прочности» кокса CSR (раздел 3.6). Результаты оценки качественно соответствуют опыту работы доменных печей с различным значением CSR. Однако, автором не учтено влияние загрузки кокса с различным его фракционным составом, что может в значительной мере повлиять на конечный результат.

8. При расчете участия углерода коксового орешка в реакциях восстановления оксидов железа вместо углерода кокса (таблица 4.6, стр.169 диссертации), автор несколько идеализирует процесс, исходя из предположения, что углерод коксового орешка, загруженный в железорудный слой, будет полностью замещать углерод кокса. Поскольку в доменной печи имеется слоевое распределение шихты, полностью изолировать контакт железорудных материалов с кусками кокса не представляется возможным.

9. При анализе влияния фракционирования кокса в производственных условиях на различные показатели процесса приведены различные графики, отражающие ту или иную зависимость. Некоторые зависимости не имеют смысла. Например, на рис. 5.12 приведена зависимость параметров доменной плавки от расхода коксового орешка, среди которых приведен график зависимости несвязанных параметров: содержание кислорода в дутье – расход коксового орешка.

10. В шестом разделе диссертации представлены аналитические изыскания, направленные на повышение расхода пылеугольного топлива до 200 кг/т чугуна и более с целью снижения расхода кокса на 50 %. Соискатель для каждого металлургического предприятия приводит свой набор компенсирующих мероприятий. Чем это обусловлено?

Заключение

Диссертация представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, в которой решена актуальная, имеющая важное хозяйственное значение научно-техническая проблема повышения эффективности использования дополнительных видов топлива, снижения удельного расхода кокса и увеличения производительности доменных печей на основе установленных закономерностей газодинамических и восстановительных процессов, совершенствования технологии доменной плавки и подготовки кокса по фракционному составу.

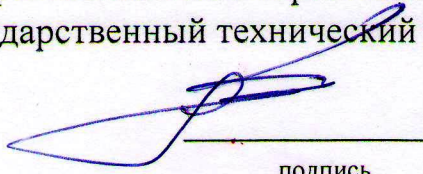
Полученные диссертантом научные результаты имеют существенное значение для металлургической промышленности, науки и практики совершенст-

ования технологии доменной плавки. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы.

Работа отвечает требованиям п. 2.1 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Metallургия черных металлов» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Луганской Народной Республики «Донбасский государственный технический университет» «17» октября 2019 г., протокол № 10.

Кандидат технических наук по специальности 05.16.02 – «Metallургия черных металлов», профессор, проректор по научной работе, заведующий кафедрой «Metallургия черных металлов» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Луганской Народной Республики «Донбасский государственный технический университет».



Куберский Сергей Владимирович

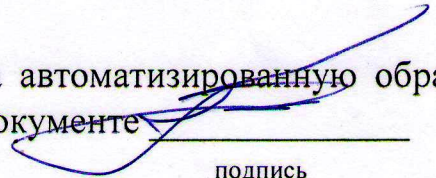
подпись

94204, Луганская Народная Республика, г. Алчевск, пр. Ленина, 16

тел.: +38 (06442) 2-82-24


эл. почта: kaf.mchm.dongtu@yandex.ru

Я, Куберский Сергей Владимирович, согласен на автоматизированную обработку персональных данных приведенных в этом документе



подпись

Подпись Куберского Сергея Владимировича подтверждаю:

Начальник ОКЛД  Л.В.Ткаченко



подпись