

*д.т.н. Петрушов С.Н.,
к.т.н. Дорофеев В.Н.,
к.т.н. Лебедев В.А.,
Толстиков С.А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА МЕТАЛЛОШИХТЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Узагальнені результати теоретичних і експериментальних досліджень використання агломерату та окатишів, а також конвертерного шлаку при виробництві чавуну. Запропоновані заходи щодо підвищення ефективності роботи доменних печей на підприємстві.

Ключові слова: *Агломерат, окатиші, доменная шихта, ефективність роботи доменних печей.*

Обобщены результаты теоретических и экспериментальных исследований использования агломерата и окатышей, а также конвертерного шлака при производстве чугуна. Предложены мероприятия по повышению эффективности работы доменных печей на предприятии.

Ключевые слова: *Агломерат, окатыши, доменная шихта, эффективность работы доменных печей.*

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Известно, что от качества используемых при производстве чугуна шихтовых материалов существенно зависит результат работы металлургического предприятия в целом. В то же время обострилась проблема с накоплением отходов производства, которые можно использовать повторно.

Анализ исследований и публикаций.

Основными видами железорудного сырья доменных печей являются агломерат и окатыши. Единого мнения о том, какой же материал и в каком случае предпочтительнее использовать, до настоящего времени нет. Как отмечает большинство авторов публикаций, посвященных этому вопросу, оба материала имеют как преимущества, так и недостатки.

Эффективность использования агломерата и окатышей зависит от уровня их качества. В первую очередь, это содержание железа, основность пустой породы, прочность в холодном и горячем состоянии и, соответственно, содержание мелочи (<5 мм).

Справедливо отмечается, что основным преимуществом окатышей перед агломератом является прочность в холодном состоянии, позволяющая хранить и транспортировать их на большие расстояния. В окатышах, загружаемых в доменную печь, содержится меньше мелочи в тоже время заметно выше содержание железа.

Однако меньшая окисленность и большее количество связки в агломерате обеспечивают его более высокую прочность при восстановлении. Поэтому агломерат по сравнению с окатышами дает меньше мелочи при восстановлении в доменной печи. Таким образом, содержание мелочи в шахте печи при использовании агломерата и окатышей выравнивается. Эффективность плавки на окатышах несколько снижается из-за того, что при их восстановлении образуется большее по сравнению с агломератом количество пылеватой фракции, снижающей газопроницаемость слоя в шахте печи. Поэтому более высокое содержание железа в окатышах используется в печи менее эффективно, чем можно было ожидать. Повышение содержания железа в окатышах на 1% приводит к росту производительности и снижению расхода кокса на 1-1,5% вместо 1,5-2,5% при проплавке агломерата.

Актуальным в настоящее время становится использование при производстве чугуна вторичного сырья, которым, в частности, является конвертерный шлак. Ценность конвертерного шлака определяется тем, что он содержит 15-20 % железа, а также известь, приводящую к повышению основности до 2 и более.

Постановка задачи.

Таким образом, для металлургических комбинатов является важной задачей определение оптимального состава доменной шихты, позволяющей улучшить технико-экономические показатели доменной плавки, основными из которых являются удельный расход кокса и производительность в номинальные сутки.

Анализ влияния технологических факторов на результаты доменной плавки усложняется в связи с большим количеством параметров и причинно-следственных связей между ними.

Изложение материала и его результаты.

Как известно, корреляционно-регрессионный анализ далеко не всегда позволяет определить причинно-следственные связи между отдельными параметрами процесса. Наличие высокого коэффициента корреляции может свидетельствовать о трех ситуациях. Первая заключается в том, что между исследуемыми параметрами действительно существует функционально обусловленная связь. Так, чем меньше содержание мелочи в доменной шихте, тем выше производительность печи за счет более высокой газопроницаемости слоя. Или же, чем больше выход

шлака, тем больше удельный расход кокса вследствие необходимости в дополнительной затрате тепла на его проплавление.

Вторая ситуация может отражать результат управленческого воздействия на процесс в соответствии с технологическими инструкциями, личным опытом технолога и т.п. Например, если доля окатышей в шихте возрастает, то основность агломерата тоже может увеличиваться для офлюсования кислой пустой породы окатышей. Такая зависимость может иметь место, а может и отсутствовать в зависимости от действий руководства цеха. Аналогично, повышение газопроницаемости слоя шихты в результате влияния различных факторов можно либо сопровождать ростом форсировки доменной плавки и производительности печи, а можно этого не делать, оставляя количество дутья и производительность на прежнем уровне.

Третий вариант состоит в том, что совершенно не связанные между собой параметры в результате случайного совпадения изменялись определенным образом либо в одну сторону, либо в противоположные, в результате воздействия различных причин, которые не контролировались в ходе исследований.

В то же время, отсутствие корреляции (значение коэффициента приблизительно равно нулю) не обязательно свидетельствует о том, что параметры не оказывают взаимовлияния друг на друга. Дело в том, что результаты экспериментов (как активных, так и пассивных) обычно представлены в виде временных рядов. И в случае, когда имеет место одновременное противоположное влияние двух и более факторов на один параметр, оно может нивелировать друг друга, и корреляционный анализ не даст возможности выявить это влияние для каждой из причин.

Из сказанного выше необходимо иметь в виду, что причинно-следственный анализ обязательно должен предшествовать корреляционно-регрессионному анализу для того, чтобы обеспечить достоверность выводов.

В настоящем исследовании выполнен комплексный анализ взаимосвязей между характеристиками шихты и основными показателями доменной плавки. Исследования базируются на фактических результатах работы доменной печи за достаточно стабильный период работы в течение двух месяцев. Сказанное подтверждается тем, что среднеквадратичное отклонение суточной производительности составило 28,7 при среднем значении 3146 т чугуна в сутки.

За исследуемый период заметно изменялся состав доменной шихты, а именно расходы агломерата, окатышей, известняка и конвертерного шлака. Это позволило исследовать влияние состава шихты на эффективность работы доменной печи.

В качестве основной характеристики выбрано отношение суточных расходов агломерата и окатышей (А/О) для одной из доменных печей Енакиевского металлургического завода. Корреляционные связи этого отношения с различными параметрами за исследуемый период представлены на рисунке 1 и на рисунке 2.

Как видно из приведенных графиков, производительность $\Pi_{\text{сут}}$ практически не зависит от соотношения доли агломерата и окатышей в шихте. Коэффициент корреляции по данным работы за двухмесячный период составил примерно +0,1. Это говорит о том, что замена агломерата окатышами в условиях данного предприятия не приводит к росту производительности из-за большего содержания железа в окатышах, как следовало бы ожидать. Объяснить такое положение можно тем, что для офлюсования кислой пустой породы окатышей, состоящей в основном из кремнезема, использовали нежелательное увеличение расхода сырого известняка $G_{\text{и}}$, о чем свидетельствует высокая отрицательная его корреляция с отношением А/О (-0,8). В то же время, основность производимого агломерата практически не была увязана с долей окатышей в шихте, чего желательным было бы осуществлять. Этим мероприятием можно было бы уменьшить необходимый для поддержания основности шлака расход сырого известняка в доменную шихту и снизить расход кокса, вносящего основную часть затрат при производстве чугуна.

Расход кокса при снижении доли проплавленных окатышей несколько уменьшается (коэффициент корреляции -0,49). Связано это в основном с тем же фактором увеличения расхода сырого известняка. На рисунке 3 приведены графики отрицательного влияния увеличения расхода известняка на производительность печи и удельный расход кокса (с коэффициентами корреляции соответственно -0,58 и +0,62).

Основность агломерата заметно увеличилась лишь при снижении величины отношения А/О в шихте до уровня 1, что соответствует равенству расходов агломерата и окатышей. В целом увеличение составило 0,07 с 1,16 до 1,23. Расход сырого известняка за тот же период увеличился со 187 до 458, то есть, на 271 кг на тонну чугуна, что не могло не сказаться на ухудшении показателей доменной плавки.

Следует отметить, что при увеличении доли агломерата существенно возрастает выход шлака. Так, изменение доли агломерата в смеси с окатышами с 50 до 80% приводит к увеличению выхода шлака с 370 до 400 кг на тонну чугуна. Тем не менее, к заметным отрицательным последствиям этот факт практически не приводит.

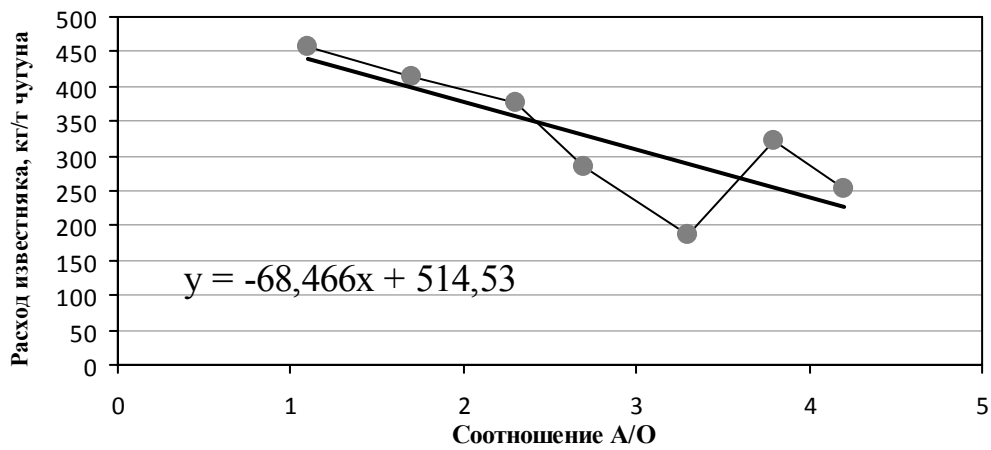
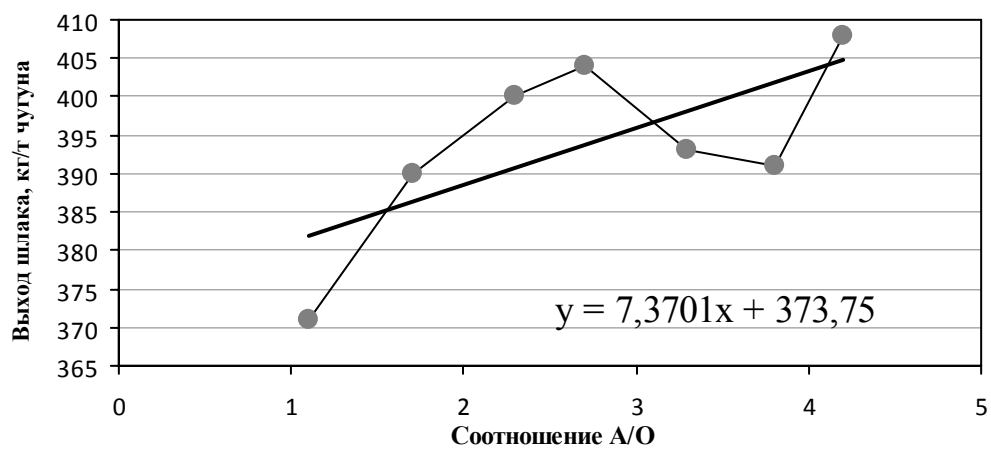
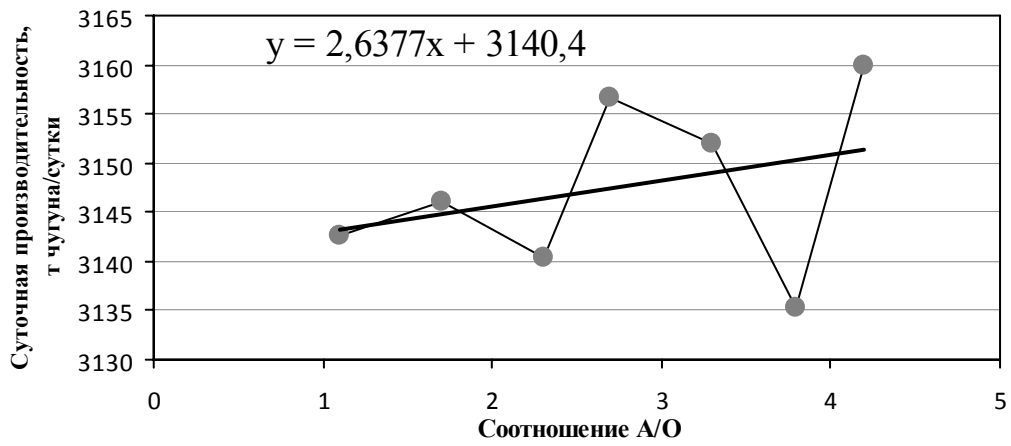


Рисунок 1 – Влияние отношения расходов агломерата и окатышей (A/O) на производительность ($P_{сут}$), выход шлага ($U_{шл}$) и расходы звестняка ($G_{и}$)

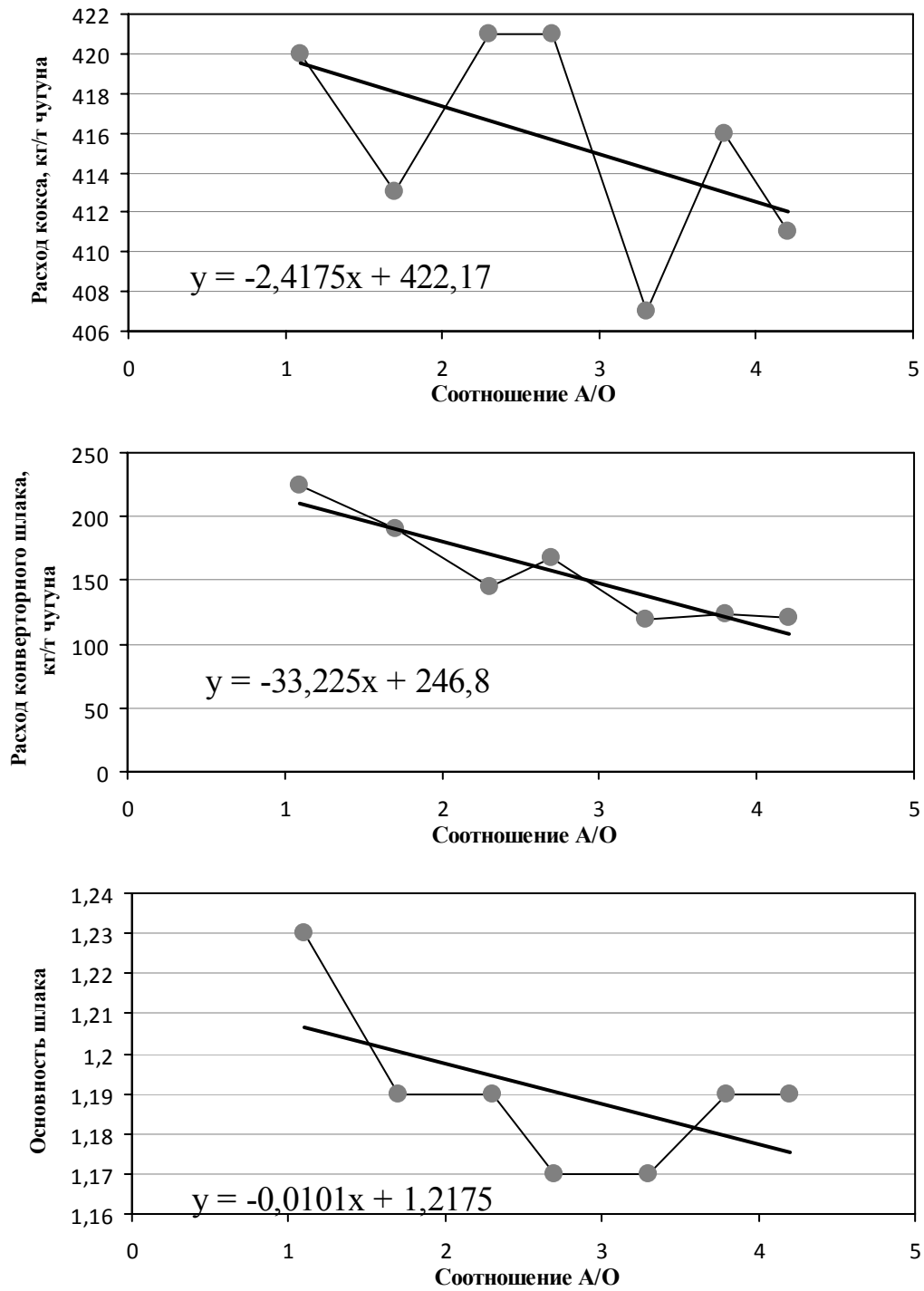


Рисунок 2 – Влияние отношения расходов агломерата и окатышей (A/O) на расход кокса (K), основность агломерата (B_a) и конвертерного шлака ($G_{кш}$)

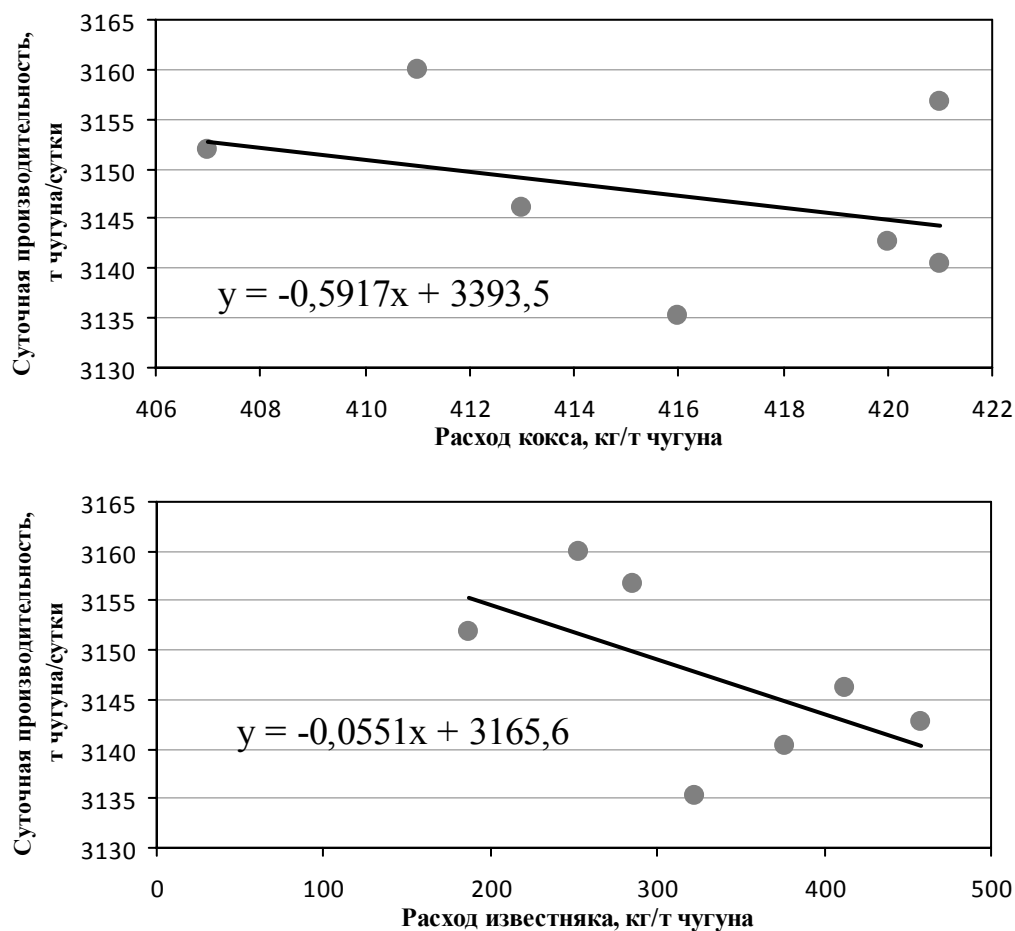


Рисунок 3 – Зависимость суточной производительности $P_{сут}$ и удельного расхода кокса K от расхода известняка $G_{и}$

В качестве заменителя флюсов, содержащего также и железо в количестве около 19%, на предприятии использовался конвертерный шлак. Его расход изменялся со 120 до 225 кг на тонну чугуна при увеличении расхода окатышей. Положительная корреляция между расходами конвертерного шлака и кокса (+0,5) объясняется тем, что увеличение расхода окатышей сопровождалось одновременным увеличением расходов как конвертерного шлака, так и сырого известняка. Причиной же увеличения расхода кокса явился именно известняк. В соответствии со справочными данными [1], каждые 10 кг известняка приводят к увеличению расхода кокса на 0,5%. Для исследуемого периода в целом перерасход кокса должен был составить примерно 10%, что соответствует 40 кг на тонну чугуна. Фактически увеличение расхода кокса составило лишь 12 кг, что является следствием повышения содержания железа в шихте, использование конвертерного шлака и других факторов.

Выводы.

На основании изложенного, можно сделать следующие выводы и рекомендации по усовершенствованию производства чугуна путем оптимизации состава доменной шихты.

Увеличивать долю окатышей выше 30% в смеси с агломератом нецелесообразно. В связи с тем, что агломерат в отличие от окатышей имеет более подготовленный к шлакообразованию минералогический состав и не требует дополнительного ввода флюса.

При необходимости увеличения расхода окатышей предпочтительнее сопровождать его повышением основности агломерата, а не дополнительным количеством известняка.

Количество сырого известняка в шихте должно быть минимально необходимым для обеспечения регулирования основности шлака и составлять не более 100 кг на тонну чугуна.

Использование конвертерного шлака в доменной шихте в количестве до 200 кг на тонну чугуна позволяет заметно улучшить показатели работы печи за счет дополнительного внесения таких составляющих, как железо и известь. В результате снижается расход сырого известняка, экономится кокс и повышается производительность печи.

Библиографический список

1. Волков Ю.П. Технолог-доменщик: справочное и методическое руководство / Волков Ю.П., Шпарбер Л.Я., Гусаров. А.К. – М.: Металлургия, 1986. – 263 с.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Новохатским А.М.