

УДК 662.768.004.12

С.А. Воденников ⁽¹⁾, зав. кафедрой, д.т.н., профессор

С.А. Гаврилко ⁽¹⁾, профессор, к.т.н.

Г.А. Громак ⁽¹⁾, ассистент

Н.В. Личконенко ⁽¹⁾, ст. преподаватель

Ю.В. Мосейко ⁽¹⁾, доцент, к.п.н.

Ю.С. Гаврилко ⁽²⁾, инженер I категории

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЫШЕННОГО РАСХОДА ОКАТЫШЕЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ

⁽¹⁾ Запорожская государственная инженерная академия,

⁽²⁾ ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь»

Вивчено вплив кількості окатишів, що завантажують до доменної печі, на основні показники плавки. Особливу увагу під час досліджень приділяли випадкам різкого змінювання кількості окатишів, подаваних до печі.

Изучено влияние расхода окатышей, загружаемых в доменную печь, на основные показатели плавки. Особое внимание во время исследований уделяли случаям резкого изменения количества окатышей, подаваемых в печь.

Введение. Применение окатышей в шихте доменных печей вызывает определенные трудности, связанные с проблемой их рационального распределения по сечению печи и необходимостью повышения основности агломерата, что приводит к ухудшению его качества, а также частым и резким изменениям количества окатышей в шихте доменных печей. Все это сопровождается колебанием состава шлаков и теплового состояния горна печей.

Анализ достижений. В настоящее время железорудная часть шихты доменных печей металлургических комбинатов состоит из агломерата и окатышей. Оценивая свойства доменной шихты, можно выбрать ее оптимальный состав, который обеспечит как стабилизацию процесса выплавки чугуна с эффективным использованием химической и тепловой энергии газов, так и достижение высоких технико-экономических показателей процесса.

С целью определения эффективности применения окатышей на доменных печах металлургического комбината «Криворожсталь» исследовали работу двух печей полезным объемом 2000 м³. При работе печей с использованием окатышей наблюдали менее равномерное, по сравнению с агломератом, распределение материалов и газов по их сечению, что ограничивает возможность более полной реализации преимуществ применения окатышей. Основные технико-экономические показатели работы доменных печей показали, что при замене одной трети агломерата на соответствующее количество окатышей среднесуточная производительность печей возросла на 3,0 и 3,3 %, а удельный расход кокса снизился на 2,16 и 1,24 % соответственно [1].

На Магнитогорском металлургическом комбинате были проведены опытные плавки при содержании в шихте неофлюсованных окатышей в количестве 30 и 100 %. По сравнению с агломератом основностью 1,25, указанные окатыши содержали железа на 10,1 % больше (64,7 %), а класса -5 мм гораздо меньше. Несмотря на значительное улучшение газопроницаемости верхней части столба шихты, при использовании 100 % неофлюсованных окатышей общий перепад давления газа между горном и колошником печи повысился на 6 %, в результате чего печь работала неровно. При этом выплавка чугуна увеличилась на 7,35 %, а расход

кокса – на 2,2 % за счет повышения расхода сырого известняка с 2 до 145 кг/т чугуна [2].

© Воденников С.А., Гаврилко С.А., Громак Г.А., Личконенко Н.В., Мосейко Ю.В., Гаврилко Ю.С., 2012

По данным работы [3], эффект от замены агломерата нефлюсованными окатышами является близким к нулю из-за образования в нижней части шахты конгломератов с низкой газопроницаемостью. Во всех опытных плавках экономия кокса после замены относительно бедного агломерата более богатыми по содержанию железа окатышами была сравнительно небольшой и обуславливалась, в первую очередь, уменьшением выхода шлака.

Окатыши Центрального горно-обогатительного комбината основностью 0,7 проплавливали в доменных печах металлургического комбината «Азовсталь» [4]. Содержание железа в окатышах было на 3,0...3,5 % больше, чем в агломерате металлургических комбинатов «Азовсталь» и «Имени Ильича». Эффективность применения указанных окатышей снижалась из-за их низкой основности по сравнению с основностью агломерата (1,25...1,30). Установлено, что при повышении в шихте содержания окатышей на каждые 10 % производительность печи снижалась в среднем на 0,8 %, а расход кокса увеличивался на 0,9 %.

На доменных печах металлургических комбинатов Украины были получены положительные результаты при загрузке печей железорудными материалами, предварительно смешанными с коксом [5]. При существующем качестве окатышей это является одним из путей улучшения газопроницаемости шихты, стабилизации процессов шлакообразования и сокращения интервала размягчения и плавления.

В отличие от агломерата, окатыши в восстановленном состоянии в большей мере растрескиваются, что сопровождается появлением значительного количества мелкой фракции. Образование значительного количества высокопластичной вюстит-ной мелкой фракции в слое окатышей приводит к спеканию материала в рудном гребне, что вызывает ухудшение газодинамического режима плавки и снижает ее технико-экономические показатели. Известно, что для агломерата склонность к спеканию значительно меньше, чем для окатышей [6].

Постановка задачи. Целью исследований является определение влияния резкого изменения расхода окатышей на технико-экономические показатели доменной плавки и разработка рекомендации по рациональному изменению их расхода.

Основная часть исследований. В статье проведен анализ работы доменной печи полезным объемом 1513 м³ ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» при использовании в шихте различного количества окатышей. Для исследования взяты два периода работы печи в 2001 г: при повышенном расходе окатышей – январь (559 кг/т чугуна) и ноябрь (730 кг/т) и два периода ее работы при низком расходе окатышей – февраль (435 кг/т) и август (444 кг/т).

1. *Исследование шлакового режима при изменении количества окатышей в шихте доменной печи.* На рис. 1 приведены результаты работы печи в январе 2001 г. Видно два случая повышения количества окатышей на подачу. В первом случае количество окатышей повышали с 5,0 до 7,0 т/подачу (11-12 января), что происходило практически за две смены, то есть за одну смену расход окатышей увеличивали на 1,0 т/подачу. При таком количестве подаваемых окатышей печь работала на протяжении суток (12 января), а затем количество окатышей начали снижать до 5,0 т/подачу (в течение 1,5 смены).

Предусматривая повышение расхода нефлюсованных окатышей, было увеличено количество флюса с 0,2 до 0,6 т/подачу (9 января). Кроме того, с начала суток 10 января начали повышать основность агломерационной шихты с 1,50 до 1,67, а 11 января – до 1,75. Для указанного периода нагрев горна был нестабильным. Перед началом повышения расхода окатышей содержание кремния в чугуна (первая смена 11 января) составляло 0,68 %. Затем его величина повышалась и 12-13 января достигла значений 1,42 и 1,56 %. По-видимому, это свидетельствует о сползании незначительного количества гарнисажа, где сконденсировалось значительное количество SiO . Далее нагрев горна стабилизировался. Количество дутья начали понижать: с 2775 м³/мин (10 января) до 2450 м³/мин (13 января), а удельный расход кокса – увеличивать: с 500 кг/т чугуна (10 января) до 570 кг/т чугуна (12 января).

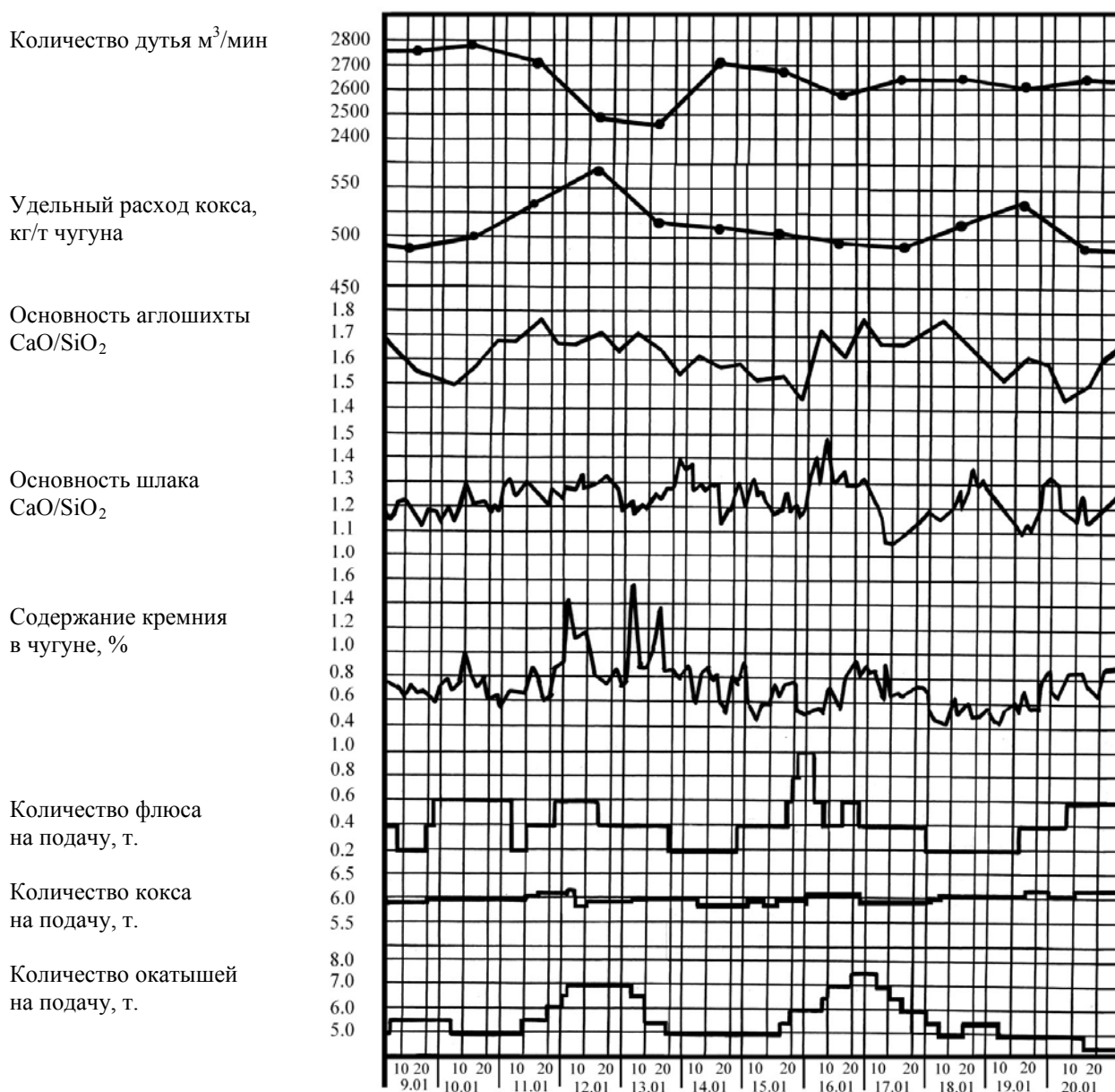


Рисунок 1 – Результаты работы печи в январе 2001 г.

Во втором случае увеличение расхода окатышей началось во второй смене 15 января от 5,0 т/подачу и завершилось в третьей смене 16 января по достижении

значения 7,5 т/подачу. При таком расходе окатышей печь работала в течение одной смены. Указанное повышение количества окатышей осуществляли в течение трех смен, то есть в течение смены количество окатышей увеличивали в среднем на ~ 0,85 т/подачу.

Следует отметить, что в начале повышения количества окатышей увеличили расход флюса с 0,4 до 1,0 т/подачу. Такое количество флюса поддерживали в течение одной смены. Основность агломерационной шихты повысилась с 1,44 (15 января) до 1,70...1,75 (16 января).

При прекращении повышения количества окатышей начала снижаться основность шлака с 1,30 (третья смена 16 января) до 1,05 (начало второй смены 17 января), что свидетельствует о сползании значительного количества гарнисажа в горн печи, которое подтверждается снижением степени его нагрева (содержание кремния уменьшилось с 0,87 до 0,60 %). Удельный расход кокса повысился с 480 кг/т чугуна (17 января) до 540 кг/т чугуна (19 января), при этом количество дутья изменялось незначительно.

Анализ данных, приведенных на рис. 1, позволяет сделать заключение о том, что резкое увеличение расхода окатышей (больше 0,5 т/подачу в смену) приводит к нарушению стабильной работы горна доменной печи из-за значительных колебаний содержания кремния, основности шлака и расхода кокса.

В августе характерным является резкое повышение расхода окатышей с 3,0 до 7,5 т/подачу на протяжении суток (10-11 августа), что привело к увеличению основности агломерата с 1,45 до 1,95 и сопровождалось повышением основности шлака с 1,2 до 1,4 (рис. 2). Такие колебания шлакового режима являются причиной значительного изменения теплового состояния горна печи, что подтверждается колебанием содержания кремния (от 0,45 до 0,75 %) в чугуне.

Таким образом, резкое повышение расхода окатышей, как в январе, так и в августе сопровождалось значительными колебаниями основности агломерата, шлака и содержания кремния в чугуне, что позволило сделать вывод о целесообразности изменения количества окатышей в течение смены не более чем 0,5 т/подачу.

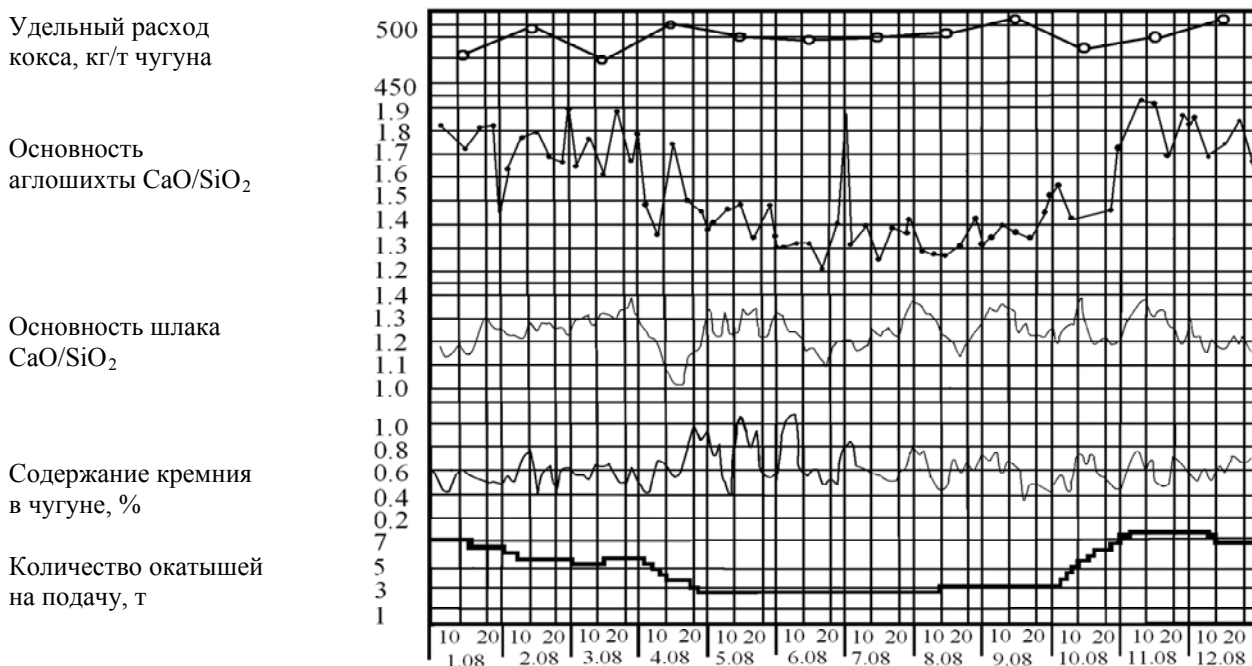


Рисунок 2 – Результаты работы печи в августе 2001 г.

2. Исследование влияния изменения расхода окатышей на распределение газа по радиусу печи. Одной из причин повышенного расхода кокса является низкое использование химической энергии газового потока в доменной печи. В этой связи выполнили анализ содержания диоксида углерода (CO_2) в газовом потоке по радиусу печи для исследуемых периодов (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание CO_2 в газовом потоке по радиусу печи

Количество окатышей, кг/т чугуна	Содержание диоксида углерода по радиусу печи, %						
	Расстояние от стенки печи, м						
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,3
559	13,9	19,0	19,3	19,4	16,5	14,0	10,7
730	13,0	15,5	19,8	20,5	19,8	15,0	14,0

При небольшом количестве окатышей в шихте (559 кг/т чугуна), как видно из распределения диоксида углерода по радиусу печи (рис. 3), зафиксировано наличие периферийно осевого газового потока: так, на периферии наблюдали 13,9 %, в гребне (на расстоянии от 0,5 до 1,5 м от стенки печи) – 19,0...19,4 % и в центральной части печи – 10,7 % CO_2 .

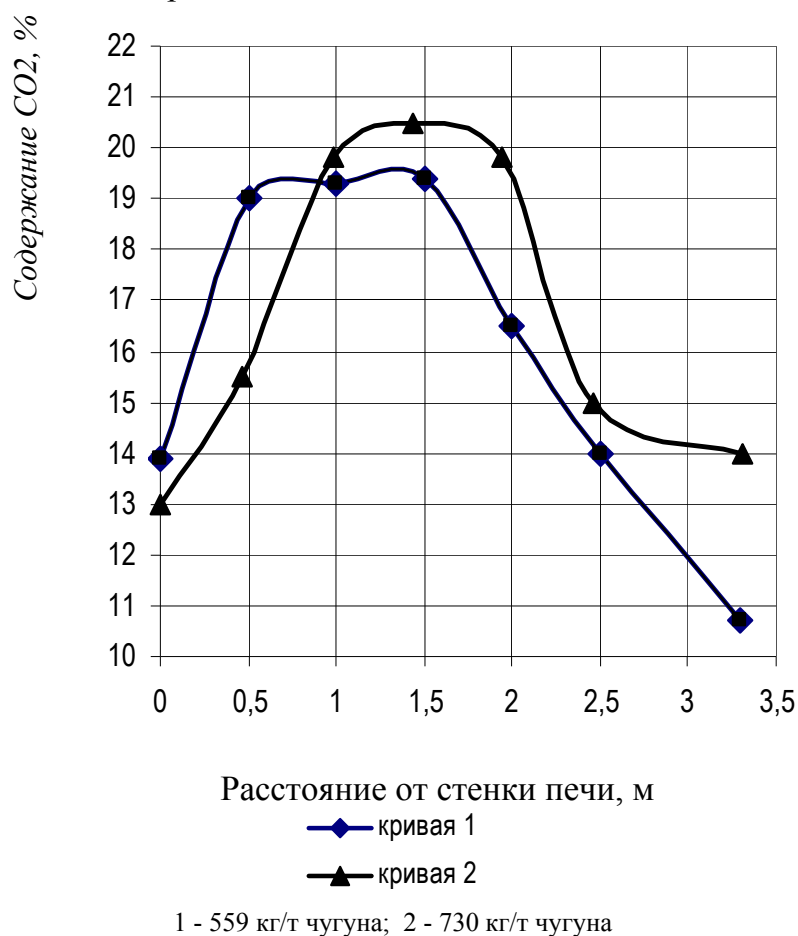


Рисунок 3 – Содержание диоксида углерода по радиусу печи в январе (1) и ноябре (2) 2001 г.

При наличии значительного количества окатышей (730 кг/т чугуна) распределение диоксида углерода по радиусу печи изменяется. Так, его

содержание на периферии составляет 13,0 %, на отметке 0,5 м – 15,5 %. За счет этого гребень смещается к центру печи и находится на расстоянии 1,0...2,0 м от ее стенки. В центре печи содержание диоксида углерода повышается до 14 %. Следовательно, при увеличении расхода окатышей периферийная часть печи оказывается «открытой», а центральная часть – загруженной рудной частью, в данном случае окатышами. Как следствие, использование химической и тепловой энергии газа ухудшается, что вызывает повышенный расход кокса.

Выводы

1. Значительные изменения количества окатышей на подачу в доменную печь вызывают колебание шлакового режима и нагрева ее горна.

2. Увеличение или уменьшение количества окатышей, подаваемых в доменную печь, необходимо осуществлять в несколько приемов, но не более чем 0,5 т/подачу в течение смены.

3. При повышенном количестве окатышей (730 кг/т чугуна) происходит перераспределение рудных материалов по радиусу печи: значительная часть окатышей попадает в центральную часть печи, а ее периферийная часть остается недогруженной рудой, что приводит к увеличению удельного расхода кокса.

4. Для сырьевых условий ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» оптимальное количество окатышей на подачу составляет до 500 кг/т чугуна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об эффективности применения окатышей в доменной плавке [Текст] / *И. Г. Ризницкий, С. Г. Савельев, В. Н. Никифоров и др.* // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 1984. – № 1. – С. 4-6.
2. Опытные плавки с изменением в доменной шихте ММК доли неофлюсованных окатышей ССГОК от 0 до 100 % [Текст] / *З. И. Некрасов, Н. А. Гладков, Ю. В. Яковлев и др.* // *Сталь.* – 1978. – № 1. – С. 11-18.
3. Применение высокоосновного агломерата и неофлюсованных окатышей в доменной плавке [Текст] / *В. С. Новиков, Н. Н. Бабарыкин, Б. А. Марсуверский и др.* // *Черная металлургия.* – 1972. – № 3. – С. 1-14.
4. *Плискановский, С. Т.* Работа доменных печей с применением окатышей ЦГОКа [Текст] / *С. Т. Плискановский, А. А. Шокул, Д. В. Гулыга* // *Металлург.* – 1972. – № 12. – С. 4-6.
5. *Кацман, В. Х.* Исследования влияния процессов восстановления и науглероживания на температурный интервал плавления железорудных материалов [Текст] / *В. Х. Кацман, В. А. Емельянов, В. Н. Никифоров* // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 1983. – № 1. – С. 3-4.
6. *Гладков, Н. А.* Изменение металлургических свойств агломерата и окатышей при ступенчатом восстановлении [Текст] / *Н. А. Гладков, Н. А. Гребенкин, В. Н. Никифоров* // *Интенсификация процессов доменной плавки и освоение печей большого объема : темат. отрасл. сб.* – М. : Металлургия, 1979. – № 5. – С. 16-20.

Стаття надійшла до редакції 21.11.2011 р.

Рецензент, проф. М.Ю. Пазюк