

БРИКЕТИРОВАНИЕ КОЛОШНИКОВОЙ ПЫЛИ

В статье исследована возможность и выявлены оптимальные условия брикетирования колошниковой пыли с целью её использования в металлургическом производстве.

Ключевые слова: колошниковая пыль, связующее, брикетирование, механическая прочность

Ожогін В.В., Кипчарська О.М., Акрамова Н.П. Брикетування колошникової пилу. У статті досліджена можливість і виявлено оптимальні умови брикетування колошникової пилу з метою його використання в металургійному виробництві.

Ключові слова: колошниковий пил, сполучне, брикетування, механічна міцність.

V.V. Ozhogin, O.N. Kipcharskaya, N.P. Akramova. Briquetting of blast-furnace top dust. The article deals with the description of optimal conditions of briquetting of top blast, with the aim of its subsequent application for blast furnace production.

Key words: blast furnace top dust, binding agent, mechanical strength.

Постановка проблемы. При производстве чугуна образуется значительное количество колошниковой пыли, выход которой составляет 39-50 кг/т чугуна [1]. В годовом измерении это составляет 180-220 тыс. т. по цеху. Близким к колошниковой пыли по химическому составу является доменный шлак, выход которого по объёму такой же, что и колошниковой пыли.

Анализ последних исследований и публикаций. Наиболее распространённым способом её утилизации является использование при производстве агломерата. Но в целом такое использование не является эффективным. 70-80 %-ное содержание в ней плохо комкующейся фракции 1,6-0,065 мм приводит к ухудшению газопроницаемости окомкованной шихты и, в конечном счёте, к снижению технико-экономических показателей аглопроцесса. Однако основные проблемы, связанные с утилизацией колошниковой пыли, возникают там, где имеется недостаток агломерирующих мощностей или они вовсе отсутствуют, например, на металлургических предприятиях неполного цикла.

Удовлетворительные результаты даёт гранулирование колошниковой пыли по одному из известных способов [2], однако он требует значительных капиталовложений и не может быть применён на тех предприятиях, где отсутствует аглопроизводство.

За рубежом традиционным и достаточно эффективным способом окускования колошниковой пыли в таких условиях считают её брикетирование и использование в доменных печах [3]. В частности, в Германии одно из первых предприятий по её утилизации было введено ещё в начале 60-х годов XX века. Брикеты из колошниковой пыли и других железосодержащих отходов формовали на вальцовых прессах. В качестве связующего использовали 50 %-ный сульфитный щёлок. Брикеты подвергали обжигу при температуре 600-900 °С в атмосфере CO:CO₂ = 3:1 [4].

В Украине такая проблема имеет место, в частности, на комбинате «Азовсталь», однако брикетирование колошниковой пыли пока ещё не применяется, если не считать введённой в 1996 г. опытно-промышленной установки для пыли доменных печей, действовавшей на Константиновском металлургическом заводе. Вальцовый пресс для неё производительностью 10 т/ч создан на НКМЗ, г. Краматорск.

Спад производства, вызванный экономическим кризисом, рост цен на энергетические ресурсы и усиление конкурентной борьбы на мировых рынках экспортёров металла может привести к повышению интереса к брикетированию как экологически чистому и энергетически менее затратному методу окускования отходов, экономящему первичное сырьё.

Цель статьи – выявление условий, при которых возможно эффективное брикетирование

¹ канд. техн. наук, ст. науч. сотр., Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь

² ассистент, Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь

³ ст. преподаватель, Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь

К четвертой группе (строка 9) относится жидкое стекло типа $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{Na}_2\text{O} \cdot p\text{H}_2\text{O}$, обладающее высокими вязущими свойствами, доступное и относительно недорогое. Упрочнение происходит за счёт образования прочных силикатов щелочей при удалении гидратной влаги при нагревании. Их прочность остаётся достаточно высокой и при высоких температурах нагрева. Основным её недостатком является наличие кремнезёма и щелочей, из которых оно и состоит. По этой причине жидкое стекло при брикетировании сырья используют редко.

Тем не менее, можно достичь определённых условий, при которых могут быть сохранены положительные свойства связующего этого типа. Так, следует использовать натриевое стекло, обладающее более низкой активностью по отношению к футеровке, по сравнению с калиевым, а также стекло с более высоким модулем, что уменьшает содержание щёлочи. Добавки жидкого стекла следует минимизировать до уровня, допустимого соответствующими требованиями к содержанию щёлочи. Недостаток прочности компенсируют использованием гашёной извести, которая к тому же флюсует SiO_2 стекла. Тем самым создаются условия, минимизирующие влияние щелочей, что даёт возможность использовать жидкое стекло. Другие недостатки можно также в значительной степени снизить использованием смесей различных связующих.

Для сценки возможностей промышленного производства брикетов из колошниковой пыли были выполнены лабораторные исследования условий их получения и определена прочность.

Брикетирование провели под давлением 50 МПа, развиваемым большинством современных вальцовых прессов. Брикеты цилиндрической формы имели следующие размеры: диаметр 30 мм, высота 20 мм, масса 32-45 г. Их сушили в естественных условиях при 20 °С и влажности воздуха 80 % в течение 7 сут. За это время брикет набирает более 70 % его максимальной прочности, а также при 250 °С в течение 0,5 ч, что обеспечивает независимость сушки от погодных условий. Готовые брикеты имели влажность 1,2-1,9 % и 0,5 % соответственно.

Прочность брикетов на сбрашивание определяли в барабане в соответствии с ГОСТ 15137-77, прочность на раздавливание – на испытательной машине EU-40.

Результаты испытаний для брикетов различной сушки представлены на рис. 1.

Из рис. 1 следует, что удовлетворительную прочность обнаруживают брикеты на связующем из синтетического шлака и жидкого стекла. При их 13-15 %-ной добавке прочность брикетов удовлетворяет заданному уровню. Несколько худшие результаты даёт гашёная известь. Но в связи с тем, что глинозёмистые связующие дороги и редки, а жидкое стекло вносит щёлочи, в качестве их заменителей использовали смеси жидкого стекла с гашёной известью.

С целью отыскания оптимального сочетания указанных компонентов при минимальном их расходе при получении брикетов заданной прочности использовали компьютерную программу TRIDIA, позволяющую производить определение вида уравнения зависимости прочности от компонентного состава, а также расчёт полей значений Y для различных x_1 , x_2 и x_3 [6].

Исходные данные и результаты расчёта представлены в табл. 2 и на рис. 2.

Для барабанной прочности $\sigma_{бар}$, % брикетов, высушенных 7 сут при 20 °С, искомая зависимость имеет вид:

$$\sigma_{бар} = 0,1x_1 + 96,0x_2 + 50,4x_3 - 122,0x_1x_2 + 75,6x_1x_3 + 4,8x_2x_3 + 810,4x_1x_2x_3 - 175,8x_1x_2(x_1 - x_2) + 119,2x_1x_3(x_1 - x_3) + 12,0x_2x_3(x_2 - x_3) . \quad (1)$$

То же, для прочности на раздавливание σ_p , МПа брикетов, высушенных 7 сут при 20 °С:

$$\sigma_p = 4,2x_1 + 25,5x_2 + 19,1x_3 - 12,6x_1x_2 + 27,4x_1x_3 + 8,0x_2x_3 + 113,6x_1x_2x_3 - 30,0x_1x_2(x_1 - x_2) + 9,4x_1x_3(x_1 - x_3) - 27,2x_2x_3(x_2 - x_3) . \quad (2)$$

То же, для барабанной прочности $\sigma_{бар}$, % брикетов, высушенных 0,5 ч при 250 °С:

$$\sigma_{бар} = 0,8x_1 + 97,1x_2 + 73,0x_3 - 80,4x_1x_2 - 93,6x_1x_3 - 164,6x_2x_3 - 801,5x_1x_2x_3 - 311,4x_1x_2(x_1 - x_2) + 18,4x_1x_3(x_1 - x_3) + 125,8x_2x_3(x_2 - x_3) . \quad (3)$$

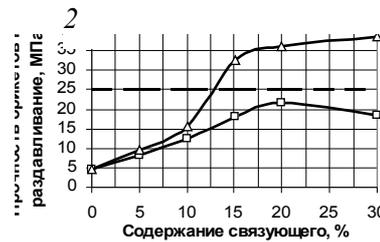
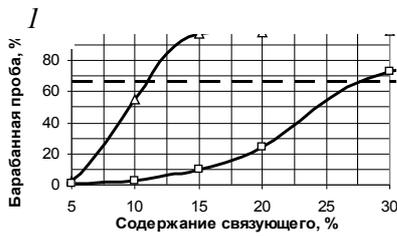
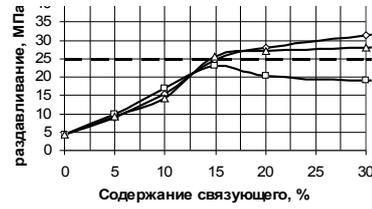
То же, для прочности на раздавливание σ_p , МПа брикетов, высушенных 0,5 ч при 250 °С:

$$\sigma_p = 4,5x_1 + 32,6x_2 + 18,4x_3 - 23,6x_1x_2 + 22,2x_1x_3 - 7,2x_2x_3 + 67,8x_1x_2x_3 -$$

$$- 35,4x_1x_2(x_1 - x_2) - 26,2x_1x_3(x_1 - x_3) + 10,0x_2x_3(x_2 - x_3) . \quad (4)$$

Решение уравнений (3) и (4) представлено в виде тройной диаграммы на рис. 2.

Наложением диаграмм 1 и 2 рис. 1 определяем общую область, отвечающую заданным условиям прочности $\sigma_{бар} \geq 67\%$ и $\sigma_p \geq 25$ МПа.



3

4

Рис. 1 – Зависимость прочности брикетов от вида и количества связующего
 1, 2 – прочность брикетов, высушенных 7 сут при 20 °С (а); 3, 4 – то же, 0,5 ч при 250 °С;
 —◇— □ связующее – шлак синтетический; —□— — то же, известь гашёная;
 то же, —△— — то же, жидкое стекло; — — — — уровень минимально допустимой прочности

Таблица 2

Исходные данные для построения кубической модели трёхкомпонентной системы
 «колошниковая пыль – жидкое стекло – гашёная известь»

№ опыта	Вещественный состав	Состав смеси, д.ед.			Функция Y_i	Условия сушки			
		x_1	x_2	x_3		7 сут при 20 °С		0,5 ч при 250 °С	
						$\sigma_{бар}, \%$	$\sigma_p, \text{МПа}$	$\sigma_{бар}, \%$	$\sigma_p, \text{МПа}$
1	100КП	1	0	0	Y_1	0	4,2	0,8	4,5
2	85КП 15ЖС	0	1	0	Y_2	96,0	25,5	97,1	32,6
3	70КП 30ИГ	0	0	1	Y_3	50,4	19,1	73,0	18,4
4	90КП 10ЖС	1/3	2/3	0	Y_{122}	32,2	14,2	54,8	15,6
5	95КП 5ЖС	2/3	1/3	0	Y_{112}	2,9	9,2	2,9	9,7
6	80КП 20ИГ	1/3	0	2/3	Y_{133}	42,6	20,2	24,0	21,5
7	90КП 10ИГ	2/3	0	1/3	Y_{113}	45,7	16,8	3,0	12,5
8	75КП 5ЖС 20ИГ	0	1/3	2/3	Y_{233}	65,8	25,5	29,4	20,5
9	80КП 10ЖС 10ИГ	0	2/3	1/3	Y_{223}	83,0	23,1	58,4	26,9
10	85КП 5ЖС 10ИГ	1/3	1/3	1/3	Y_{123}	68,8	21,2	42,7	18,0

Отсюда следует, что смесь, обеспечивающая заданные условия прочности при максимальном расходе колошниковой пыли и минимальном – жидкого стекла, для брикетов, высушенных за 0,5 сут при 250 °С, имеет следующий состав: колошниковая пыль 82,5 %, гашёная известь 4,0 %, жидкое стекло 9,5 %. Прочность таких брикетов составит: $\sigma_{бар} = 70,0\%$ и $\sigma_p = 25,0$ МПа. Для брикетов, высушенных за 7 сут при 20 °С эти же значения составляют 80,5 %, 15,0 %, 4,5 % соответственно при $\sigma_{бар} = 75,3\%$ и $\sigma_p = 25,1$ МПа.

Сопоставление расчётных значений прочности с экспериментальными данными для найденных составов даёт превышение последних на уровне менее 1,0 %, что вполне допустимо.

Исходя из опытных исследований, промышленный процесс получения брикетов из предложенных материалов может быть осуществлён следующим образом.

Увлажнённую колошниковую пыль выдерживают до завершения реакции гидратации со-

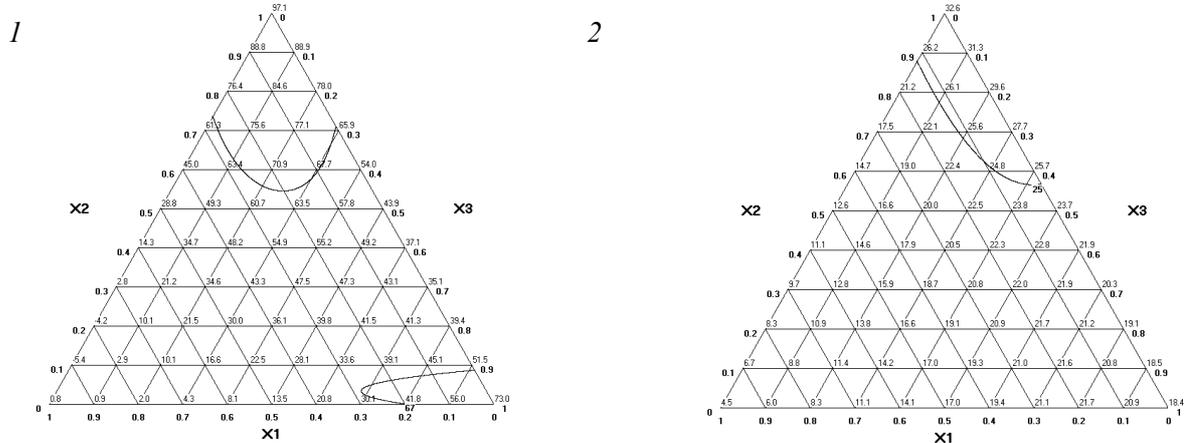


Рис. 2 – Диаграммы механической прочности брикетов высушенных 0,5 ч при 250 °С
 1 – для прочности на сбрасывание $\sigma_{бар}$, %; 2 – то же, прочности на раздавливание σ_p , МПа

держателься в ней извести. Выбранные компоненты подвергают рассеву для удаления включений более 10 мм, которые могут привести к поломке пресса. При необходимости осуществляют доизмельчение, что повышает прочность брикетов.

После отсева компоненты смешивают, подавая в смеситель необходимое количество воды, и прессуют под давлением 50 МПа. Влажность брикетируемой смеси зависит от фракционного состава материала, вида и количества связующего, давления прессования и составляет 8-10 %.

Полученные брикеты сушат в печи в течение 0,5 ч при 250-350 °С до влажности 1,5-2,0 % чем обеспечивают независимость производства от погодных условий, либо выдерживают в течение 7-15 сут при 10-30 °С и влажности воздуха 80-95 %, что даёт экономию топлива.

Расчётная экономия от вовлечения колошниковой пыли в виде доменных брикетов вместо аглодобавок составляет 58,2 грн/т. Срок окупаемости установки – 2,5 года.

Выводы

1. Установлено, что при определённых условиях возможно получение прочных брикетов из колошниковой пыли. К этим условиям относится давление прессования 50 МПа, размер брикетов 30 мм, а также использование смеси связующих в виде гашёной извести и жидкого стекла.
2. Дальнейшие исследования следует вести в направлении поиска иных связующих, совершенствования способов сушки брикетов, обеспечивающих утилизацию вторичного тепла, а также адаптацию полученных данных к условиям промышленного производства.

Список использованных источников:

1. Вторичные материальные ресурсы чёрной металлургии: Справочник. В 2-х т. Т. 2: Шлаки, шламы, отходы обогащения железных и марганцевых руд (Образование и использование) / В.Г. Барышников, А.М. Горелов, Г.И. Папков и др. – М.: Экономика, 1986. – 344 с.
2. Ожогин В.В. Способы получения гранул и влияние их добавок на процессы спекания и механические свойства агломерата / Металлург. процессы и оборуд. – 2006. – № 3. – С. 19-24.
3. Савицкая Л.И. Использование железосодержащих отходов при окусковании руд: Обзорная информация. Серия «Подготовка сырьевых материалов к металлургическому переделу и производство чугуна». – М.: Ин-т «Черметинформация», 1984. – Вып. 5. – 27 с.
4. Лурье Л.А. Брикетирование в чёрной и цветной металлургии / Л.А. Лурье. – М.:

