

Т.В. Кожанов

## ПРОИЗВОДСТВО АГЛОМЕРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОМЕННЫХ И СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ШЛАМОВ

*Аннотация. По результатам проведенных экспериментов и расчетов, предложено оптимальное соотношение основных компонентов агломерационной шихты и максимально допустимое содержание шламов для достижения максимальной производительности аглоустановки и качества агломерата.*

*Ключевые слова: производство агломерата, окомкование, спекание, шламы, производительность аглоустановки, качество агломерата.*

### Введение

Утилизация железосодержащих шламов при агломерации железорудных материалов представляет одно из наиболее экономичных направлений повышения эффективности производства и снижения себестоимости агломерата. Сложность с точки зрения подготовки шихтовых материалов представляет использование заскладированных металлургических шламов [1]. В процессе длительного пребывания на складах шламы слеживаются, их поверхность высыхает. В результате образуются прочные гранулы шламов, которые не разрушаются по всей технологической линии подготовки аглошихты и попадают на паллеты агломерационных машин, где нарушается технология спекания [2].

### Постановка проблемы и состояние вопроса

Современная технология агломерации предъявляет повышенные требования к качеству подготовки спекаемых материалов. Вовлечение в сферу окускования железосодержащих отходов, в том числе и заскладированных шламов, приводит к усложнению технологии подготовки и условий смешивания и окомкования аглошихты. Наилучшим образом смешиваются частицы одинаковой крупности, влажности и формы. Поэтому гомогенизация агломерационной шихты и последующее гранулообразование в барабанах-окомкователях будут за-

висеть от степени однородности гранулометрического и химического составов компонентов шихты [3].

### Основные результаты исследований

Для исследования влияния шламов - доменных и конвертерных на показатели процесса спекания, а также на прочность готового агломерата, в лабораторных условиях проводились исследования.

Подготовка шихтовых материалов проводилась следующим образом. Смешивание шихты осуществлялось в поддоне, путем послойной укладки материалов с последующим перемешиванием слоев между собой до получения однородной массы шихты.

Спекание окомкованной шихты проводилось на лабораторной агломерационной установке. Загрузка осуществлялась вручную, соблюдая равномерность и однородность укладки материала на слой постели массой 200 г из возврата фракции 5-10 мм. Высота спекаемого слоя - 300 мм. Разрежение в вакуум-камере на момент зажигания - 500 мм. в. ст. Продолжительность зажигания - 1 мин. Температура зажигания - 1200 °С. В процессе спекания каждые 30 с. фиксировались разрежение и температура в вакуум-камере. Спекание проводилось до достижения максимальной температуры в вакуум-камере. Масса агломерационного спека взвешивалась, после чего определялся выход годного агломерата (масса и процентное соотношение фракции +10 мм к массе спека).

Далее проводилось вычисление вертикальной скорости спекания по формуле:

$$V_{сп.} = h/t_{сп.}, \text{ мм/мин} \quad (1)$$

где  $h$  - высота слоя шихты, мм;  $t_{сп.}$  - время спекания, мин  
и производительности установки по формуле:

$$Пр. = (G * 60)/(1000 * t_{сп.} * f), \text{ т/м}^2 * \text{ час} \quad (2)$$

где  $G$  - выход годного агломерата, кг;  $f$  - площадь спекания, м<sup>2</sup>.

Испытание готового агломерата на прочность производилось по стандартной методике – рассев пробы годного агломерата массой 1,5 кг, после 4 сбрасываний в копре, на фракции 0-5 мм, 5-10 мм и +10 мм.

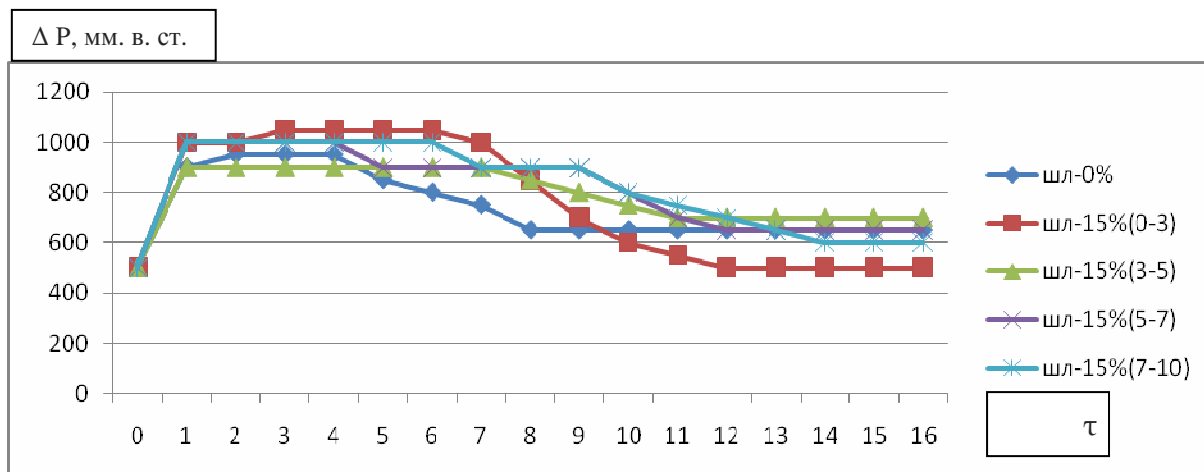


Рисунок 1 - График изменения разрежения в вакуум-камере в процессе спекания

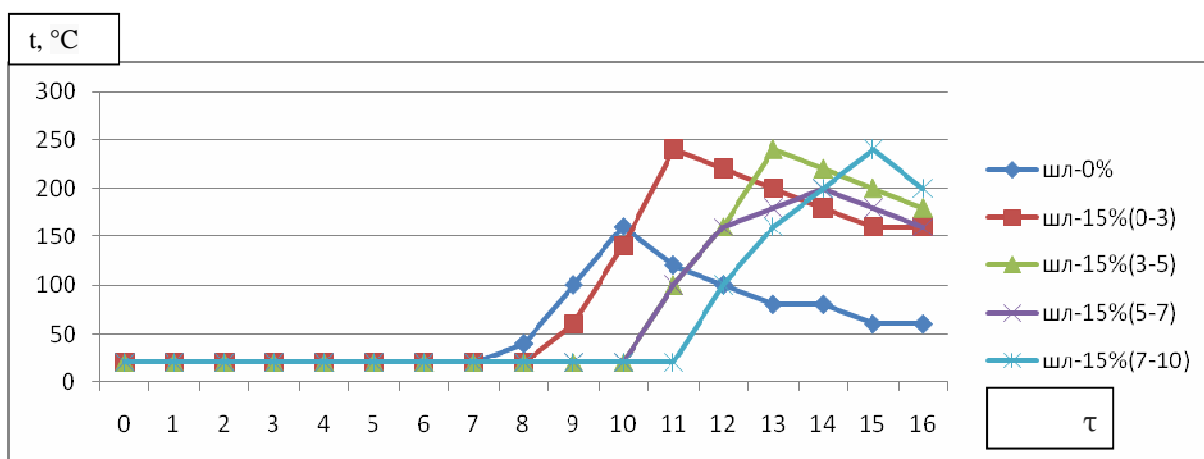


Рисунок 2 - График изменения температуры отходящих газов в процессе спекания

Таблица 1

№	Показатели	Характеристики экспериментов				
		Шихта 1	Шихта 2	Шихта 3	Шихта 4	Шихта 5
1	Расход шламов, %	0	15	15	15	15
2	Круглость шламов, мм	-	0-3	3-5	5-7	7-10
3	Загружено шихты, %	100	100	100	100	100
4	Выход твердого, %	90,43	90,43	90,43	90,43	90,43
5	Выход годного (+10 мм), %	72,12	63,70	58,41	57,45	53,61
6	Время спекания, мин	9,5	11,0	12,0	13,5	14,5
7	Максимальная температура, °C	160	240	240	200	240
8	Рассев после испытания на прочность в копре, %	0-5 мм - 27,00 5-10 мм - 18,33 +10 мм - 54,67	0-5 мм - 37,00 5-10 мм - 16,33 +10 мм - 46,67	0-5 мм - 40,33 5-10 мм - 15,67 +10 мм - 44,00	0-5 мм - 42,00 5-10 мм - 16,00 +10 мм - 42,00	0-5 мм - 44,00 5-10 мм - 14,67 +10 мм - 41,33
9	Вертикальная скорость спекания, мм/мин	31,579	27,273	25,000	22,222	20,690
10	Производительность аглоустановки, т/м <sup>2</sup> *час	2,20	1,68	1,41	1,24	1,07

**Обсуждение результатов экспериментов**

Как видно из результатов экспериментов, введение шламов в состав аглошихты, отрицательно сказывается на производительности аглоустановки и прочности готового агломерата. Несмотря на значительную долю оксидов железа, топлива и флюсующих добавок, что оказывает положительное влияние на показатели агломерационного процесса, шламы вносят в аглошихту множество вредных примесей, что ограничивает их использование в доменном процессе. Кроме того, использование шламов ухудшает теплофизические характеристики аглошихты из-за их более низкой температуропроводности ( $\sim 1,20 \text{ Ч } 10^{-5} \text{ мІ/с}$  (поскольку соотношение в смеси доменных и конвертерных шламов  $\sim 50/50$ ,  $X_{\text{д.шл.}} \sim 1,08 \text{ Ч } 10^{-5} \text{ мІ/с}$ ;  $X_{\text{к.шл.}} \sim 1,32 \text{ Ч } 10^{-5} \text{ мІ/с}$ ;  $X_{\text{см.шл.}} = (1,08 \text{ Ч } 10^{-5} + 1,32 \text{ Ч } 10^{-5})/2 = 1,20 \text{ Ч } 10^{-5} \text{ мІ/с}$ ) по сравнению с аглошихтой, не содержащей шламов,  $\sim 1,75 \text{ Ч } 10^{-5} \text{ мІ/с}$ ) и более высокой удельной теплоемкости ( $\sim 925 \text{ Дж/кг}$  (сд.шл.  $\sim 980 \text{ Дж/кг}$ ; ск.шл.  $\sim 870 \text{ Дж/кг}$ ;  $c_{\text{см.шл.}} = (980 + 870)/2 = 925 \text{ Дж/кг}$ ), по сравнению с аглошихтой, не содержащей шламов,  $\sim 693 \text{ Дж/кг}$ ).

Ухудшением теплофизических характеристик агломерационной шихты (снижением температуропроводности, повышением удельной теплоемкости) при введении в её состав шламов, объясняется также и снижение производительности аглоустановки и прочности готового агломерата при увеличении фракции вносимых шламов, поскольку гранулы шламов обладают значительной прочностью, что позволяет им не разрушаться в процессе окомкования, а это приводит к тому, что в процессе спекания они забирают на себя значительную часть тепловой энергии, и при этом, времени пребывания в аглочаше крупным гранулам шламов все равно не достаточно для полноценного спекания, что и оказывает отрицательное влияние на производительность аглоустановки и прочность готового агломерата. Поэтому можно сделать вывод, что оптимальная фракция шламов для использования в агломерационном процессе, ведущая к минимальным потерям производительности и прочности – 0-3 мм, более крупную фракцию рекомендуется предварительно измельчать.

Однако внесение в агломерационную шихту шламов мелкой фракции имеет один существенный недостаток, который, тем не менее, компенсируется повышением производительности агломерационной установки и прочности готового агломерата. Как видно из рисун-

ка 1, при снижении крупности вносимых шламов, газопроницаемость столба шихты снижается (при внесении в аглошихту фракции шламов 0-3 мм, разрежение в вакуум-камере достигает 1050 мм.в.ст., и сохраняется на этом уровне на протяжении большей части времени спекания – аж до момента повышения температуры отходящих газов, при внесении в аглошихту фракции шламов 3-5 мм, высокое разрежение в вакуум-камере так же сохраняется до начала роста температуры отходящих газов, однако его максимальное значение достигает только 900 мм.в.ст., при внесении в аглошихту фракции шламов 5-7 мм, максимальное разрежение чуть выше – 950 мм.в.ст., однако начиная с 4-й минуты спекания оно постепенно снижается, при внесении в аглошихту фракции шламов 7-10 мм, максимальное разрежение еще выше – 1000 мм.в.ст., снижение начинается на 6-й минуте спекания, однако к окончанию спекания оно достигает более низкой отметки, наилучшие же показатели газопроницаемости показала аглошихта без добавления шламов – про максимальном значении разрежения 950 мм.в.ст., начиная с 4-й минуты спекания, наблюдается стабильная тенденция к снижению разрежения в вакуум-камере). Объясняется это попаданием значительного количества шихты мелкой фракции в аглошашу, которая заполняет межкусковое пространство между более крупными гранулами шихтовых материалов, что и затрудняет прохождение газов через столб агломерационной шихты.

А вот зависимость максимальной температуры отходящих газов во время спекания от крупности вносимых в агломерационную шихту шламов не установлена.

### **Выводы**

1. Сравнением теплофизических свойств агломерационной шихты и смеси шламов доменного и конвертерного производств установлено, что последние обладают более низкой температуропроводностью и более высокой удельной теплоемкостью, что приводит к более медленному прогреву гранул шламов. Неспекшаяся часть крупных гранул шламов является причиной снижения газопроницаемости столба агломерационной шихты и снижения прочности готового агломерата.

2. Снижение фракции вносимых в агломерационную шихту шламов отрицательно сказывается на газопроницаемости столба шихты, однако при этом производительность агломерационной установки

и прочность готового агломерата возрастает. Объясняется это более низкой температуропроводностью и более высокой удельной теплоемкостью гранул шламов, по сравнению с агломерационной шихтой, и их высокой прочностью, что приводит к увеличению затрат тепловой энергии, недостаточному прогреву и, как следствие, неполноценному спеканию крупных гранул шламов, поэтому оптимальная фракция шламов, вносимых в агломерационную шихту – 0-3 мм, более крупную фракцию рекомендуется предварительно измельчать.

3. Зависимость максимальной температуры газов в вакуум-камере во время спекания от фракции вносимых в агломерационную шихту шламов не установлена.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Савицкая Л.И. Использование железосодержащих отходов при окисковании руд / Л.И. Савицкая // ISSN 0208-1032 / Обзорная информация / М.: Черметинформация. – 1984. – Серия: «Подготовка сырьевых материалов к металлургическому переделу и производству чугуна». - Вып. 5. - С. 27.
2. Вест Н.О. Использование железосодержащих отходов металлургического производства в повторном цикле / Н.О. Вест // Практика и тенденции / Iron and Steel International.–1976. - № 6. - Р. 173- 185.
3. Сабинин Ю.А. Оценка качества агломерата при использовании обесцинкованных шламов / Ю.А. Сабинин, А.И. Гамаюров, П.В. Левин // Издательство Института Уралмеханобр.–1984. – С. 37-46.