

*д.т.н. Петрушов С.Н.,
к.т.н. Русанов И.Ф.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина),
Оскирко Т.В.
(ОАО "АМК", Украина)*

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ВВОДА ШЛАМА В АГЛОШИХТУ НА ХОД ПРОЦЕССА АГЛОМЕРАЦИИ И КАЧЕСТВО АГЛОМЕРАТА

Наведені результати порівняння показників процесу агломерації та визначення якості агломерату при різних способах введення шламів до агломераційної шихти.

***Ключові слова:** агломерація, шлам, показники процесу агломерації, міцність агломерату.*

Приведены результаты сравнения показателей процесса агломерации и определения качества агломерата при разных способах введения шламов в агломерационную шихту.

***Ключевые слова:** агломерация, шлам, показатели процесса агломерации, прочность агломерата.*

Использование шламов при агломерации железных руд и концентратов сталкивается с проблемой получения качественного агломерата и эффективного ведения процесса его спекания. Связано это с тем, что поступающий со шламохранилищ шлам имеет повышенную влажность (до 25 %). Такой шлам образует крупные куски, не разрушающиеся при закладке в штабеля шихтовых материалов. В результате в подготовленной к спеканию шихте шлам распределяется по ее объему неравномерно, ограниченно участвует в процессе окомкования, что не позволяет достичь высоких технико-экономических показателей процесса и получить качественный агломерат.

Решение проблемы рациональной подготовки шламов и их введения в агломерационную шихту позволит вовлечь в производство дешевый железосодержащий техногенный отход, тем самым снизить себестоимость получаемого агломерата высокого качества.

В практике агломерационного производства известно несколько способов подготовки шламов и их ввода в шихту.

Наиболее часто шлам перед вводом в агломерационную шихту обезвоживается каким-либо способом: механическим, термической

сушкой или подсушкой путем смешивания шлама с известью, колошниковой пылью и другими сухими материалами.

В последнее время получило распространение брикетирование промышленных отходов, в том числе и шламов. При брикетировании шламов получают в основном брикеты пригодные для доменного производства. Однако известны технологии, по которым шлам брикетируют, а затем дробят и вводят в агломерационную шихту.

Из шламов также могут формироваться микроокатыши с последующим их вводом в шихту.

Все известные способы в той или иной степени опробованы в лабораторных или промышленных условиях, как у нас, так и за рубежом.

Однако опробование различных способов ввода шламов в аглошихту проводилось в разных шихтовых и технологических условиях, не позволяет сравнить их влияние на ход процесса агломерации и качество агломерата.

В работе поставлена задача: сделать анализ влияния на ход агломерационного процесса и качество агломерата различных способов ввода шламов в шихту. В частности рассмотреть такие способы, как ввод подсушенного шлама, смешанного с известью, с известью и известняком, а также с предварительным окомкованием в рециркуляционном режиме.

Первостепенной задачей при выборе способа подготовки шламов перед их вводом в агломерационную шихту является определение той оптимальной влажности, при которой шлам становится рассыпчатым. Связано это с тем, что глубокое обезвоживание шламов требует значительных капитальных и энергетических затрат, а незначительное - не позволяет равномерно распределить шлам по объему шихты.

Для определения влажности шлама, при которой он становится рассыпчатым, авторами была использована следующая методика.

Проба шлама, массой 1,5 кг с исходной влажностью 25 % (с такой влажностью шлам поступает из карт обезвоживания на АМК) подсушивалась в сушильном шкафу. По мере сушки шлама с интервалом 15 минут определялась его влажность и отбиралась проба для формирования 10 кубических брикетов с размером стороны равной 1 см. Брикет также были сформированы из шлама с исходной влажностью. Эти брикеты разрушались раздавливанием с фиксированием нагрузки разрушения. В результате проведенных исследований установлено, что шлам из шламонакопителя АМК становится рассыпчатым при влажности 8-9 % и до такой влажности его необходимо подсушивать для обеспечения равномерного состава шихты по всему ее объему.

Спекание агломератов с введением в шихту шлама различными способами проводилось на лабораторной установке ДонГТУ. лабора-

торная чаша имела диаметр 150 мм и высоту 400 мм. Для уменьшения тепловых потерь в окружающую среду чаша была теплоизолирована слоем асбеста и огнеупорной глины толщиной 10 мм.

Во всех опытных спеканиях шихта оставалась неизменной. Расход материалов (кг) в пересчете на тонну агломерата был следующий:

концентрат	руда	известняк	известь	шлам	топливо
750	187	68	15	94	61

В качестве твердого топлива для агломерации использовали смесь коксовой мелочи и антрацита марки АС в соотношении 50:50. В шихту также вводился возврат в количестве 18 % от общей массы шихты. Такая шихта обеспечивала получение агломерата основностью 1,33.

Составленную шихту смешивали, увлажняли до влажности 7,8 % и окомковывали в чашевом окомкователе, боковая поверхность чаши которого образована усеченным конусом [1]. В таком окомкователе шихта окомковывается в рециркуляционном режиме [2].

Окомкованная шихта загружалась в лабораторную чашу слоем 300 мм и зажигалась с использованием пылеугольного топлива.

По результатам спеканий определяли массу полученного агломерата, усадку слоя, длительность процесса, выход годного агломерата по фракции +10 мм и ситовый состав агломерата. Весь полученный агломерат испытывался на прочность по методике описанной в работе [3]. Согласно этой методике годный агломерат крупностью более 10 мм дробился на щековой дробилке с размером выходной щели $\delta = 10$ мм. После чего агломерат рассеивался на фракции на ситах со стандартным размером ячейки от 1 до 15 мм.

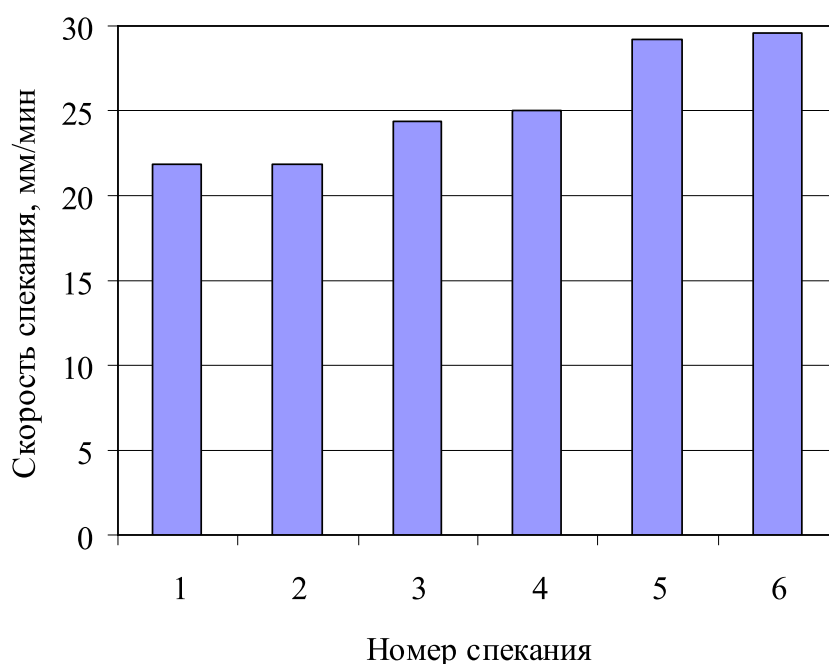
По результатам рассевов рассчитывались коэффициенты m и n уравнения

$$F(d) = \left(\frac{d}{m \cdot \delta} \right)^n .$$

Это уравнение, как показано в работе [3] является кумулятивной функцией $F(d)$ распределения кусков дробленого материала по крупности d . Коэффициент n уравнения является показателем прочности материала, чем он больше, тем прочнее материал.

Коэффициент m в этом уравнении показывает, во сколько раз размер максимального куска превышает размер щели дробилки. Он введен для того, чтобы максимальное значение соотношения в скобках было равно единице.

Как свидетельствуют полученные данные, способ введения шлама в шихту существенно влияет на ход процесса агломерации.

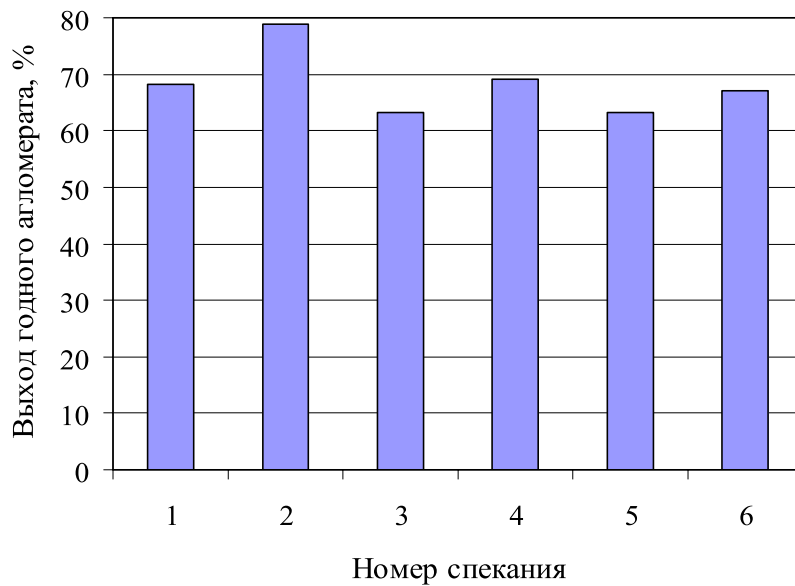


1 – шлам влажностью 25 %, 2 – шлам влажностью 8 %, 3 – шлам с известью, 4 – шлам с известью и известняком, 5 – шлам окомкованный, 6 – шлам окомкованный с добавкой бентонита.

Рисунок 1 – Скорость спекания при разных способах ввода шлама в шихту

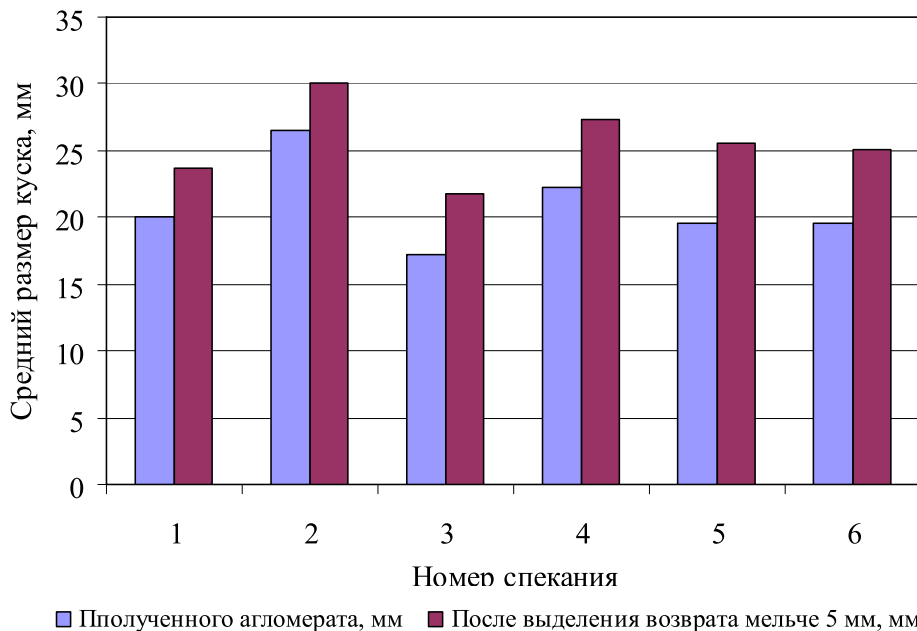
В первую очередь изменяется скорость спекания агломерата. На рисунке 1 показана скорость спекания агломерата при разных способах введения шлама в шихту. Наименьшая скорость спекания была при спекании шихты с влажностью шлама 25 %. Это было вызвано, по-видимому, тем, что влажный шлам образовывал комки, которые при спекании в зоне сушки разрушались и ухудшали газодинамические условия спекания агломерата. Однако при этом выход годного агломерата был достаточно большой и составлял 68,2 % (рисунок 2).

Подсушка шлама до влажности $W = 8\%$ существенно не повлияла на скорость спекания, однако выход годного агломерата при этом значительно вырос, и стал составлять 78,8 %. Это был наибольший выход годного из всех, наблюдававшихся в работе. К тому же этот агломерат был самым крупным (рисунок 3).



1 – шлам влажностью 25 %, 2 – шлам влажностью 8 %, 3 – шлам с известью, 4 – шлам с известью и известняком, 5 – шлам окомкованный, 6 – шлам окомкованный с добавкой бентонита.

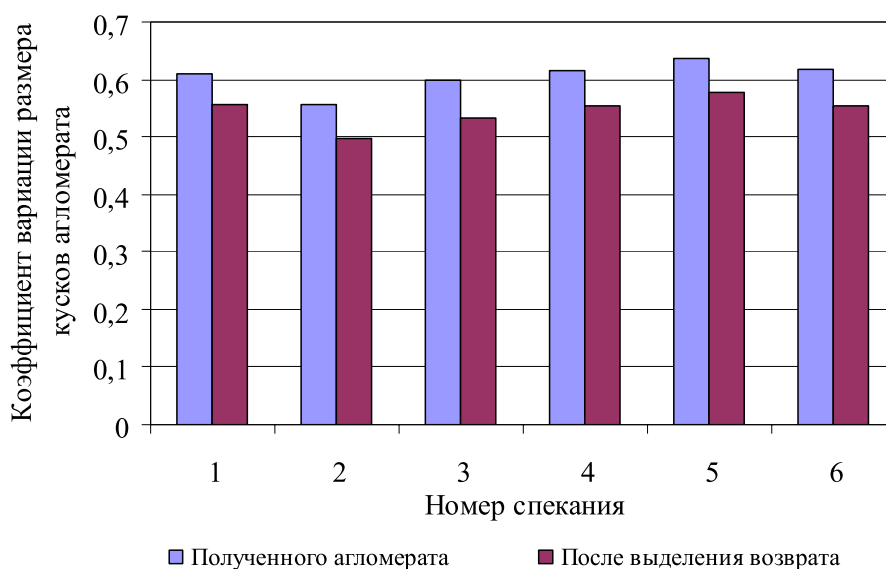
Рисунок 2 – Выход годного агломерата при разных способах ввода шлама в шихту



1 – шлам влажностью 25 %, 2 – шлам влажностью 8 %, 3 – шлам с известью, 4 – шлам с известью и известняком, 5 – шлам окомкованный, 6 – шлам окомкованный с добавкой бентонита.

Рисунок 3 – Средняя крупность кусков агломерата

Средняя крупность кусков полученного агломерата составила 26,5 мм, а после выделения возврата на сите 10 мм она выросла до 30,0 мм. По размеру кусков этот агломерат был наиболее однородным (рисунок 4). Колебание размера кусков агломерата от среднего размера характеризовалось коэффициентом вариации равным 0,56, а после выделения возврата – 0,50. То есть, при использовании в шихте предварительно подсушенного шлама все показатели были лучше, чем при производстве обычного агломерата в промышленных условиях. Это, по-видимому, было вызвано тем, что подсушенный шлам равномерно располагался по всему объему шихты. К тому же углерод, который присутствует в шламе, также равномерно распределялся по объему шихты, что создавало в разных зонах слоя равные тепловые условия.



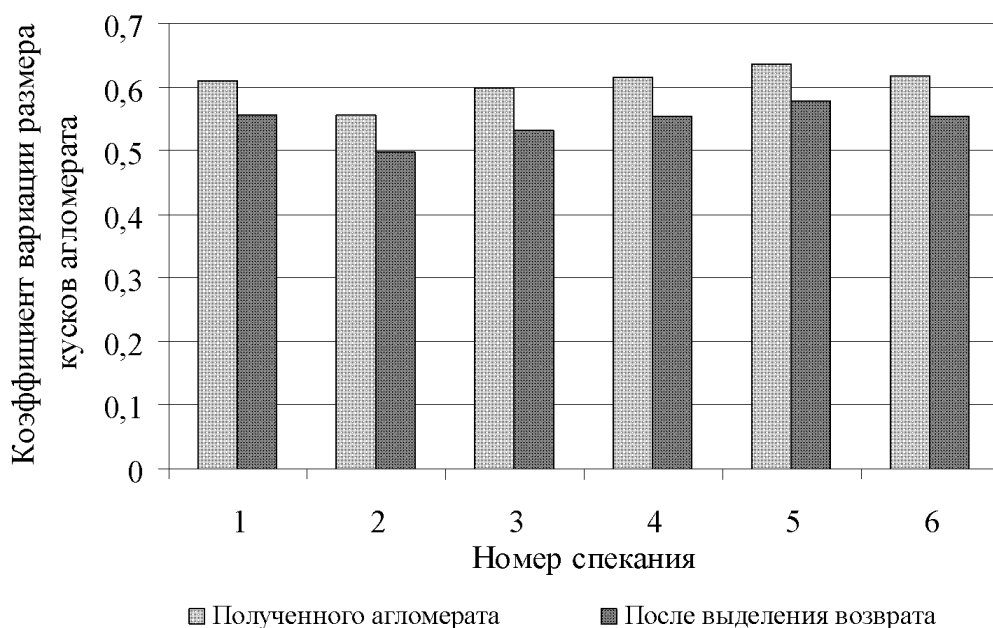
1 – шлам влажностью 25 %, 2 – шлам влажностью 8 %, 3 – шлам с известью, 4 – шлам с известью и известняком, 5 – шлам окомкованный, 6 – шлам окомкованный с добавкой бентонита.

Рисунок 4 – Коэффициент вариации размера кусков агломерата

Предварительное смешивание шлама с известью и с известью и известняком в опытах привело к росту скорости спекания, но выход годного агломерата при этом уменьшился. Размер кусков полученного агломерата при таком способе вводу шлама в шихту уменьшился, но после отсева мелкого агломерата он возрос на 4,5-5,0 мм. При этом агломерат стал более неоднородным по крупности кусков. Ухудшение качества агломерата очевидно вызвано тем, что при таком способе ввода шлама в шихту известь и известняк распределяются неравномерно по объему шихты.

Введение в шихту шлама с предварительным его окомкованием в рециркуляционном режиме позволяет значительно увеличить скорость спекания без существенных изменений показателей процесса агломерации, и качества агломерата. Причиной этого является то, что при окомковании шихты в рециркуляционном режиме образуются прочные гранулы узкого класса крупности (в условиях опытов средняя крупность гранул равнялась 4,8 мм, при коэффициенте вариации размера кусков равном 0,2). Во время загрузки в агломерационную установку и в зоне переувлажнения эти гранулы практически не разрушались. Об этом свидетельствует минимальная усадка слоя (7 %), когда в других опытах она составляла 8-9%. В результате в течение всего периода спекания обеспечивалась высокая газопроницаемость слоя.

Значения рассчитанного по описанной выше методике показателя прочности n для исследованных агломератов находились в пределах 1,13-1,21 (рисунок 5). Для промышленных агломератов показатель n обычно равен 1,25-1,50. Таким образом, полученные агломераты были менее прочны, чем промышленные. Из исследованных агломератов наибольшую прочность имели агломераты, спеченные из шихт, в состав которых шлам вводился после его предварительного окомкования



1 – шлам влажностью 25 %, 2 – шлам влажностью 8 %, 3 – шлам с известью, 4 – шлам с известью и известняком, 5 – шлам окомкованный, 6 – шлам окомкованный с добавкой бентонита.

Рисунок 5 – Показатели прочности полученных агломератов

Численные значения показателя m для исследованных агломератов также был ниже, чем для промышленных (1,25-1,34 против 1,6-1,8). Выделить какой либо агломерат по этому показателю затруднительно.

В проведенной работе состав шихты не изменялся. Поэтому изменения калькуляции себестоимости агломерата при использовании разных способов введения шлама в агломерационную шихту будут происходить за счет изменения условно постоянных расходов.

Изменения условно постоянных расходов происходят при росте, или уменьшении производительности аглоустановки. В данной работе производительность изменялась за счет изменения скорости спекания агломерата, и выхода годного агломерата.

Изменение производительности может быть определено по формуле

$$\Delta \Pi = 1 + \frac{v_{\delta} - v_o}{v_{\delta}} + \frac{M_{\delta} - M_o}{M_{\delta}},$$

где v_{δ} и v_o – скорость спекания агломерата в базовом и опытном спеканиях соответственно, мм/сек;

M_{δ} та M_o – масса годного агломерата в базовом и опытном спеканиях соответственно, кг.

В таблице приведены результаты сравнительного расчета изменений условно постоянных расходов при рассмотренных ранее способах ввода в шихту шлама. Сравнение проведено по отношению к первому спеканию, когда в шихту вводился шлам с влажностью 25 %.

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что при любом способе подготовки шлама и ввода его в шихту себестоимость агломерата уменьшается по сравнению с обычным вводом влажного шлама. При этом наиболее эффективным является введение в шихту предварительно окускованного шлама.

В целом, на основании проведенных опытных спеканий агломерата установлено, что оптимальным вариантом является введение в шихту шлама, подсушенного до влажности около 8%. При этом могут быть достигнуты наивысшие показатели спекания и получен качественный агломерат.

Таблица – Результаты расчетов изменения себестоимости агломерата при различных способах введения шлама в шихту

Вариант спекания	1	2	3	4	5	6
Условная производительность	1,00	1,16	1,04	1,16	1,26	1,34
Относительное изменение условно постоянных расходов	1	0,865	0,957	0,862	0,791	0,746
Условно постоянные расходы, гр	49,5	42,8	47,4	42,7	39,1	36,9
Изменение условно постоянных расходов, гр		-6,7	-2,1	-6,8	-10,4	-12,6

В тоже время, проведенная экономическая оценка изменения условно постоянных расходов показывает, что не следует отказываться и от введения в шихту предварительно окомкованного шлама. При этом необходимо разработать мероприятия, которые улучшали бы качество полученного агломерата.

Библиографический список

1. Пат. 24350 Україна, МПК⁷ С 22 В 1/24. Огрудкувач шихти / Г.М. Попов, В.А. Козачишин.; заявник та патентоутримувач Донбаський держ. техн. ун-т. – №200702016; заявл. 26.02.07; опубл. 25.06.07, Бюл. №9.

2. Козачишин В.А. Расчет производительности конусного гранулятора /В.А. Козачишин, Г.Н. Попов // Сборник научных трудов ДонГТУ. - Алчевск, 2009. - № 29. – С. 262-264.

3. Определение прочности материалов по результатам их дробления /Петрушов С.Н., Русанов И.Ф., Остапенко Д.Б., Русанов Р.И., Петрушов Д.С. // Теория и практика производства чугуна: междунауч.-техн. конф., 24-27 мая 2004 г.. - Кривой Рог, 2004. – С. 499-50.