

УДК 669.162.1

А.С. МНЫХ, доцент, к.т.н.

М.Ю. ПАЗЮК, зав. кафедрой, профессор, д.т.н.

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ФОРМИРОВАНИЯ СЛОЯ ПОЛИДИСПЕРСНОЙ АГЛОМЕРАЦИОННОЙ ШИХТЫ

Запорожская государственная инженерная академия

Виконано дослідження механізму формування шару полідисперсної агломераційної шихти, подальший розвиток мало вивчення коефіцієнтів тертя кочення та ковзання для реальних умов виробництва. Як результат одержано функції, що дозволяють розрахувати зазначені коефіцієнти тертя для конкретних умов завантаження шихти барабанним і вібраційним живильником, проаналізовано відповідність експериментальних і розрахункових значень зазначених коефіцієнтів.

Ключові слова: сегрегація, полідисперсний матеріал, фракційний склад, вібраційний живильник, грудкування, агломераційний процес, завантажувальний лоток

Проведено исследование механизма формирования слоя полидисперсной агломерационной шихты, дальнейшее развитие имело изучение коэффициентов трения качения и скольжения для реальных условий производства. В результате получены функции, позволяющие рассчитать указанные коэффициенты трения для конкретных условий загрузки шихты барабанным и вибрационным питателем, проанализировано соответствие экспериментальных и расчетных значений указанных коэффициентов.

Ключевые слова: сегрегация, полидисперсный материал, фракционный состав, вибрационный питатель, окускование, агломерационный процесс, загрузочный лоток

Research of mechanism for layer forming of polydisperse sintering charge is carried out, the study of coefficients of friction for wobbling and sliding for the real conditions of production had further development. As a result functions which are got allow to calculate the indicated coefficients for the concrete conditions of charge loading by drum and vibrational feeder, accordance of experimental and calculation values of this coefficients is analyzed.

Keywords: segregation, polydisperse material, factious composition, vibrational feeder, clotting, sintering process, loading tray.

Введение. Основным способом окускования мелких железных руд и железорудных концентратов является агломерация методом просасывания [1-4]. Благодаря относительной простоте технологии, высокой производительности ленточных агломерационных машин, сравнительно высокому качеству получаемого продукта данный способ широко применяется в мировой практике производства черных металлов из железных руд.

В настоящее время на металлургических предприятиях Украины используются конвейерные агломерационные машины, имеющие технические характеристики, приведенные в табл. 1. Как показывает анализ данных, представленных в табл. 1, потери продукции (фракция -5 мм) по шести агломерационным машинам ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» в среднем достигают 15 %, что составляет приблизительно 899,6 тыс. т/г.

Указанные потери зависят, прежде всего, от качества первоначального сырья, однако большая их часть имеет место из-за несовершенной технологии процесса агломерации. Так, агломерационные машины, применяемые на металлургических предприятиях, работают с учетом среднего состава шихты и не учитывают текущее изменение ее фракционного состава, а также процессы, протекающие при агломерации.

Таблица 1 – Технические характеристики агломерационных машин ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь»*

Номер агломерационной машины	Площадь спекания, м ²	Фактическая производительность		Съем агломерата с 1 м ² машины	Относительное количество возврата агломерата, %	Массовая доля фракции (барабанная проба), %		
		т/ч	тыс. т/г			+25 мм	+5 -25 мм	-5 мм
1	62,5	104,5	6012,7	1,82	13,8	26,9	57,8	15,2
2		101,3		1,76	13,9			
3		112,1		1,80	16,1			
4		117,2		1,94	16,0			
5		120,3		1,92	15,2			
6		117,4		1,93	14,8			

Примечание: данные представлены за 2011 г.

Дефицит богатых железных руд на предприятиях черной металлургии Украины обуславливает все большее применение концентрата глубокого обогащения, содержащего до 90...95 % фракции 0...0,05 мм. Производительность агломерационной машины и качество агломерата, полученного из такого концентрата, определяется, главным образом, газопроницаемостью слоя материала, содержанием топлива и других компонентов в каждом из горизонтов шихты, загруженной на спекательные тележки.

Установлено [5], что сегрегация шихты оказывает положительное влияние на качество получаемого агломерата, сокращение потребления энергоресурсов, объема возврата и вредных выбросов. Поэтому исследование механизма формирования полидисперсного слоя шихты и возможности управления данным процессом имеет важное научное и практическое значение.

Постановка задачи. В работе [6] представлены уравнения, позволяющие определить распределение частиц в слое в зависимости от ряда факторов, одним из которых служит коэффициент трения. Целью настоящей работы является уточнение полученных лабораторных данных для определения реальных значений коэффициента трения в производственных условиях.

Изложение результатов исследования. Реальные условия движения отдельной частицы шихты по поверхности слоя полидисперсного материала отличаются от лабораторных условий работы [7]. В процессе движения массы полидисперсного материала в системе «питатель – загрузочный лоток – откос слоя шихты» отдельные частицы в потоке взаимодействуют между собой, что вызывает отклонение их поведения от закономерностей, полученных расчетным путем. Крупные частицы, теряя часть кинетической энергии при соударении с мелкими, будут задерживаться на более высоких горизонтах по отношению к расчетному положению. В свою очередь, мелкие фракции материала, под воздействием движения крупных частиц, будут перемещаться на большие расстояния, чем рассчитано в соответствии с моделью.

В связи с тем, что процесс взаимодействия отдельных частиц в движущемся потоке подвержен значительному влиянию случайных неконтролируемых воздейст-

вий, реальные значения коэффициентов трения могут быть определены только экспериментальным путем для конкретных условий формирования структуры сыпучего материала. Теоретические значения коэффициентов внешнего и внутреннего трения, в связи с указанными выше особенностями движения потока материала, всегда будут превышать аналогичные значения коэффициентов трения, полученных экспериментально для отдельных частиц.

Для расчета $f'_2 = \varphi(d_i)$ в реальных условиях загрузки шихты на спекательные тележки агломерационной машины уравнения, представленные в работе [6], решены относительно коэффициента трения качения частицы по поверхности загрузочного лотка f'_2 . Для случая чистого качения частицы по поверхности лотка и откоса формирующегося слоя шихты в производственных условиях, что соответствует углам наклона $\alpha_1, \alpha_2 \leq 45^\circ$, зависимость для определения коэффициента трения качения имеет вид:

$$f'_2 = \operatorname{tg} \alpha_2 \cdot \left(\frac{l_1 \cdot (\sin \alpha_1 - f'_1 \cdot \cos \alpha_1)}{h_i} \right), \quad (1)$$

где h_i – положение i -ой частицы в слое относительно его поверхности, м; α_1, α_2 – углы наклона загрузочного лотка и поверхности откоса слоя, град, соответственно.

Коэффициент трения качения частиц сферической формы по поверхности полидисперсного материала, при их качении со скольжением по загрузочному лотку $\alpha_1 > 45^\circ$ и чистом качении по откосу формирующегося слоя $\alpha_2 > 45^\circ$, можно описать уравнением:

$$f'_2 = \operatorname{tg} \alpha_2 \cdot \left(\frac{l_1 \cdot (\sin \alpha_1 - f_1 \cdot \cos \alpha_1)}{v \cdot h_i} \right), \quad (2)$$

где f_1 – коэффициент трения скольжения частицы по поверхности загрузочного лотка; v – коэффициент формы частицы, для шара $v = 5/7$.

Представленные выше зависимости использованы для расчетов на базе экспериментально полученных данных величины коэффициента трения качения f'_2 шихты, загружаемой на агломерационную ленту при помощи вибрационного и барабанного питателя [8-10].

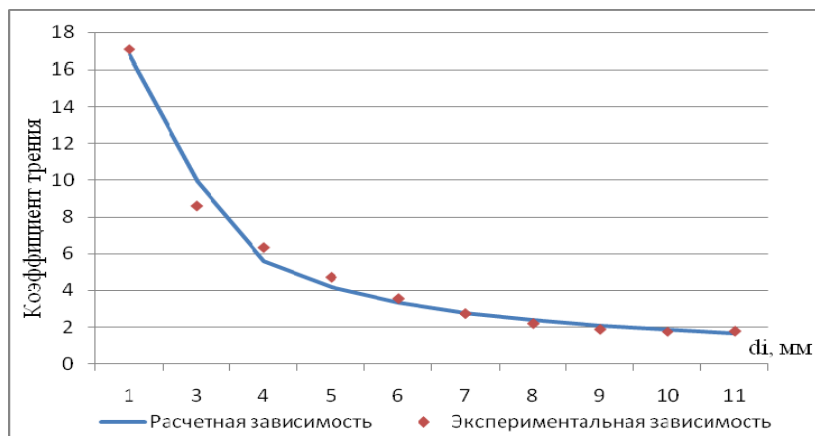


Рисунок 1 – Зависимость реального коэффициента трения шихты, загружаемой барабанным питателем, от диаметра ее частиц

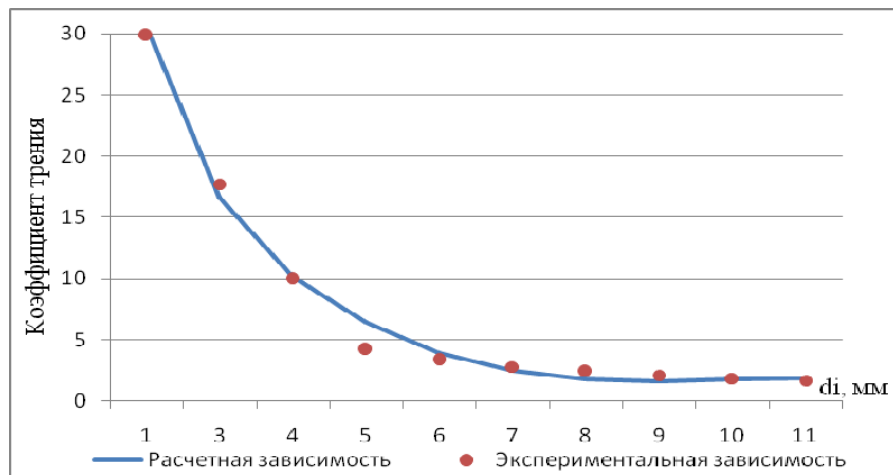


Рисунок 2 – Зависимость реального коэффициента трения шихты, загружаемой вибрационным питателем от диаметра ее частиц

Анализ результатов расчетов, представленных на рис. 1 и 2, позволил установить, что при использовании для загрузки шихты вибрационного питателя происходит ослабление связей между частицами движущейся массы. В итоге наблюдается снижение значений f'_2 в интервале изменения диаметра частиц d_i (0...4,5 мм), по сравнению со случаем загрузки агломерационной шихты барабанным питателем. Как видно из рис. 1 и 2, для частиц диаметром более 4,5 мм величина коэффициента трения f'_2 существенно не зависит от типа питателя, с применением которого производят загрузку шихты.

С использованием программного обеспечения «Data Fit», на базе экспериментально определенных значений коэффициента трения f'_2 , получена зависимость для расчета коэффициента трения в случае загрузки агломерационной шихты барабанным питателем:

$$f'_2 = 34,07 + 3,14d_i - 20,15d_i^2 . \quad (3)$$

При этом величина среднеквадратического отклонения расчетных коэффициентов, полученных по зависимости (3), от экспериментальных значений не превышает 0,741.

В случае загрузки агломерационной шихты при помощи вибрационного питателя коэффициент трения вычисляют как

$$f'_2 = 41,3 - 11,84d_i + 1,15d_i^2 - 0,0037d_i^3 . \quad (4)$$

Величина среднеквадратической погрешности соответствия экспериментальных и расчетных значений коэффициента f'_2 не превышает 0,922.

Влияние типа загрузочного устройства, при диаметре частиц $d_i < 4,5$ мм, на зависимость $f'_2 = \varphi(d_i)$ характеризуется наличием наряду с трением качения существенного по величине трения скольжения, которое возрастает по мере уменьшения размеров движущихся частиц. Для гранул, диаметр которых превышает 4,5 мм, форма становится близкой к сферической, в результате чего происходит практически полное

исчезновение скольжения при движении частиц.

Выводы. Результаты проведенных исследований позволили экспериментально определить реальные значения коэффициента трения в производственных условиях и с использованием уравнений, представленных в работе [6], установить распределение по высоте спекательной тележки частиц, составляющих полидисперсный слой агломерационной шихты. Выявлено, что основное влияние на закономерности формирования физико-механических свойств полидисперсного материала оказывают его фракционный состав, особенности загрузочного устройства и, в наибольшей степени, тип дозатора, угол наклона и длина загрузочного лотка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сигов, А. А. Агломерационный процесс. [Текст] / А. А. Сигов, В. А. Шурхал. – Киев : Техника, 1969. – 232 с. – Библиогр. : с. 231-232.
2. Парфенов, А. М. Основы агломерации железных руд [Текст] / А. М. Парфенов. – М. : Металлургия, 1961. – 322 с. – Библиогр. : с. 319-320.
3. Вегман, Е. Ф. Процесс агломерации [Текст] / В. Е. Вегман. – М. : Металлургия, 1963. – 152 с. – Библиогр. : с. 149-150.
4. Коротич, В. И. Основы теории и технологии подготовки сырья к доменной плавке [Текст] / В. И. Коротич. – М. : Металлургия, 1978. – 208 с. – Библиогр. : с. 204-206.
5. Шурхал, В. А. Теория и практика агломерационного производства [Текст] / В. А. Шурхал, В. П. Якубовский, Е. В. Невмержицкий. – Киев : Техника, 1981. – 200 с. – Библиогр. : с. 198.
6. Гранковский, В. И. Управление агломерационным процессом [Текст] / В. И. Гранковский, М. Ю. Пазюк, В. А. Сыромяцкий. – Киев : Техника, 1988. – 145 с. – Библиогр. : с. 137-144.
7. Мних, А. С. Дослідження факторів, що впливають на формування шару полідисперсних залізорудних матеріалів. [Текст] / А. С. Мних // *Металургія : наукові праці Запорізької державної інженерної академії.* – Запоріжжя : РВВ ЗДІА, 2014. – Вип. 1 (31). – С. 21-25.
8. Пазюк, М. Ю. Влияние условий загрузки на формирование структуры слоя шихты [Текст] / М. Ю. Пазюк // *Известия Вузов. Черная металлургия.* – 1985. – № 6. – С. 133-136.
9. Пазюк, М. Ю. Управление процессом формирования слоя агломерационной шихты. [Текст] // М. Ю. Пазюк / *Известия Вузов. Черная металлургия.* – 1985. – № 10. – С. 131-134.
10. Пазюк, М. Ю. Особенности формирования слоя полидисперсных сыпучих материалов [Текст] / М. Ю. Пазюк, В. И. Гранковский, Г. М. Туровцев // *Известия Вузов. Черная металлургия.* – 1983. – № 10. – С. 13-16.

Стаття надійшла до редакції 28.12.2014 р.
Рецензент, проф. А. М. Ніколаєнко

Текст даної статті знаходиться на сайті ЗДІА в розділі Наука
<http://www.zgia.zp.ua>