

Математическая модель структурных изменений окомкованного материала при движении в загрузочном узле агломашины

В.О. РАХУБА, М.Ю. ПАЗЮК

Запорожская государственная инженерная академия

В статье рассмотрена математическая модель структурных изменений сыпучего материала при транспортировании, составленная на основе балансового метода. По результатам моделирования выполнен анализ воздействия на сыпучую массу нагрузок различного рода. Сделаны выводы о прочности фракций шихты различных классов крупности. Даны рекомендации по оптимальному управлению процессом транспортирования окомкованного материала на аглоленту.

У статті розглянуто математичну модель структурних змін сипкого матеріалу при транспортуванні, що складена на основі балансового методу. За результатами моделювання виконаний аналіз впливу на сипку масу навантажень різного роду. Зроблено висновки стосовно міцності фракцій шихти різних класів крупності. Надані рекомендації щодо оптимального управління процесом транспортування огрудкованого матеріалу на аглострічку.

The article deals with mathematical model based on balance equations of powder material structure changes during transporting. Analysis of different type loads affect on powder mass is made. Conclusions about different size granules durability are presented. Recommendations about optimal control of material granulated transporting to pallets are given.

Производительность агломерационной машины и характеристики выпускаемого агломерата определяются в основном газопроницаемостью слоя шихты на аглоленте, которая зависит от качества окомкования шихты. Наилучшее протекание агломерационного процесса обеспечивается в случае, когда окомкованный материал содержит максимальное количество кондиционной фракции 3-5 мм и минимальное количество мелкой и крупной фракций. Однако в процессе движения по тракту загрузки на аглоленту окомкованная шихта существенно изменяет свой гранулометрический состав. Это объясняется наличием значительных ударных и истирающих нагрузок, действующих на отдельные гранулы окомкованного материала при прохождении ими промежуточного бункера агломашины, загрузочного лотка и в процессе формирования слоя на аглоленте [1]. Поэтому важной является задача получения достоверного математического описания процессов, протекающих на данном участке тракта загрузки, и на его основе синтез алгоритма управления операциями по подготовке шихты к спеканию, который обеспечит сохранение оптимальной структуры окомкованной шихты.

Анализ структурных изменений окомкованного материала на указанном участке ранее выполнялся на основе фракционных расщепов [2,3], однако данный

подход не обеспечивает получение полной картины процесса, т.к. не позволяет исследовать массообмен внутри сыпучей массы при её движении.

Получить адекватное описание данного процесса, учитывающее перенос материала между всеми фракциями, позволяет использование балансового метода [4]. Это создаёт теоретические предпосылки для выбора рациональных режимов работы технологического оборудования спекательного отделения аглофабрики, которые обеспечат улучшение физико-механических свойств транспортируемого материала и повышение стабильности агломерационного процесса. Таким образом, представляет интерес разработка математической модели на основе балансового метода для достоверного описания структурных изменений в окомкованном материале при его транспортировании.

С целью исследования качественных изменений шихты при движении по загрузочному тракту агломашины на аглофабрике ОАО «Запорожсталь» были отобраны пробы материала на входе и выходе окомкователя, после дозатора промежуточного бункера и на спекательных тележках. Гранулометрические составы исходной, окомкованной, выгруженной из промежуточного бункера и загруженной на аглоленту шихты приведены в таблице 1.

Таблица 1. Изменение фракционного состава шихты при движении по тракту загрузки на аглоленту

Место отбора пробы	Фракции шихты, %					
	>10 мм	7-10 мм	5-7 мм	3-5 мм	1,6-3 мм	<1,6 мм
Питатель приёмного бункера	8,25	9,04	6,04	12,11	30,13	34,43
Выход барабана-окомкователя	19,83	16,35	10,9	21,2	14,81	16,91
Питатель промежуточного бункера	11,67	16,26	10,83	26,59	16,16	18,47
Аглолента	8,2	11,93	7,93	25,4	21,72	24,82

Для исследования влияния механических воздействий на отдельные фракции окомкованной шихты используем балансовый метод моделирования. Схема

модели взаимодействия между фракциями материала на данном участке приведена на рис. 1.

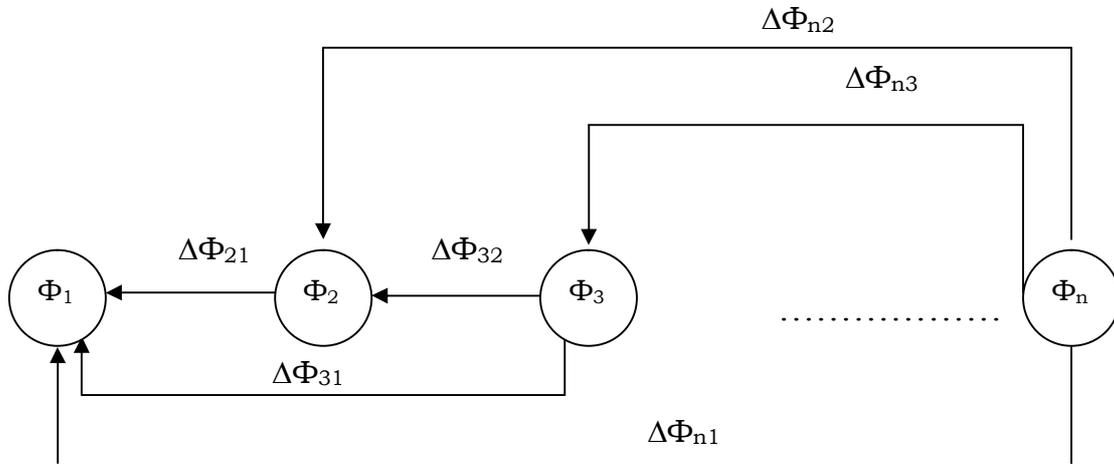


Рис. 1. Схема модели массопереноса между фракциями при движении шихты через загрузочный узел агломашины

Изменение фракционного состава материала, разделённого на 6 классов крупности (Ф1 - <1,6 мм; Ф2 - 1,6-3 мм; Ф3 - 3-5 мм; Ф4 - 5-7 мм; Ф5 - 7-10 мм; Ф6 - >10 мм), в результате воздействия истирающих и ударных нагрузок характеризуется следующей системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \hat{O}_1'' &= \hat{O}_1' + \Delta\hat{O}_{21} + \Delta\hat{O}_{31} + \Delta\hat{O}_{41} + \Delta\hat{O}_{51} + \Delta\hat{O}_{61} \\ \hat{O}_2'' &= \hat{O}_2' - \Delta\hat{O}_{21} + \Delta\hat{O}_{32} + \Delta\hat{O}_{42} + \Delta\hat{O}_{52} + \Delta\hat{O}_{62} \\ \hat{O}_3'' &= \hat{O}_3' - \Delta\hat{O}_{31} - \Delta\hat{O}_{32} + \Delta\hat{O}_{43} + \Delta\hat{O}_{53} + \Delta\hat{O}_{63} \\ \hat{O}_4'' &= \hat{O}_4' - \Delta\hat{O}_{41} - \Delta\hat{O}_{42} - \Delta\hat{O}_{43} + \Delta\hat{O}_{54} + \Delta\hat{O}_{64} \\ \hat{O}_5'' &= \hat{O}_5' - \Delta\hat{O}_{51} - \Delta\hat{O}_{52} - \Delta\hat{O}_{53} - \Delta\hat{O}_{54} + \Delta\hat{O}_{65} \\ \hat{O}_6'' &= \hat{O}_6' - \Delta\hat{O}_{61} - \Delta\hat{O}_{62} - \Delta\hat{O}_{63} - \Delta\hat{O}_{64} - \Delta\hat{O}_{65} \end{aligned} \right\} (1)$$

где \hat{O}_i' - количество i-ой фракции в окомкованной шихте, %; \hat{O}_i'' - количество i-ой фракции в шихте, загруженной на аглоленту %; $\Delta\hat{O}_{ij}$ - количество шихты, перешедшей из i-ой фракции в j-ю в результате воздействия истирающих и ударных нагрузок.

Поскольку система (1) является недоопределённой, то её решение было найдено с помощью численного метода квази-Ньютона [5]. Результаты моделирования представлены в виде процентного соотношения массопереноса между фракциями шихты при движении через промежуточный бункер, по загрузочному лотку и в целом на участке «выход БО – агломашина» на рис. 2 (а, б, в).

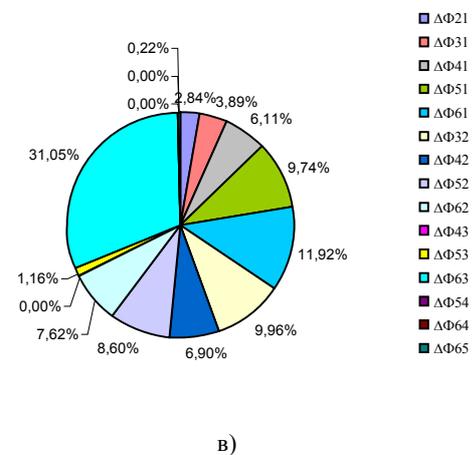
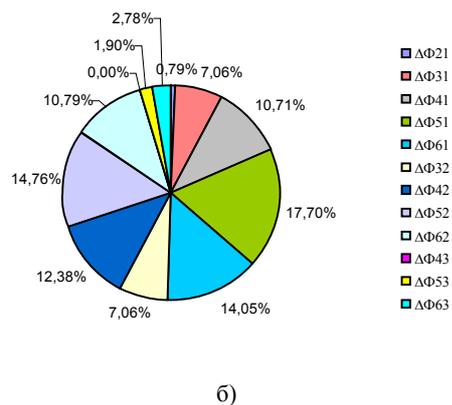
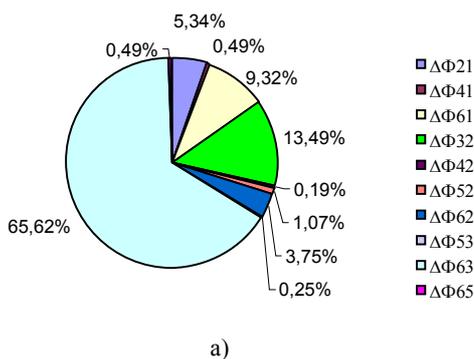


Рис. 2. Массоперенос между фракциями при движении через промбункер (а), по загрузочному лотку (б) и на участке «выход БО – аглолента» (в)

Анализ полученных результатов показывает, что при движении аглошихты через промбункер она преимущественно подвергается воздействию ударных нагрузок (фракция >10 мм раскалывается на более мелкую 3-5 мм; этот процесс составляет 66% общего массопереноса на данном участке). Также здесь наблюдается переход материала из фракции 3-5 мм во фракции 1,6-3 мм и <1,6 мм, что объясняется воздействием на эту фракцию истирающих нагрузок. Т.о. наименьшей прочностью на данном участке обладает фракция >10 мм.

На участке «питатель промбункера – аглолента» преобладают истирающие нагрузки на транспортируемый материал. Наиболее им подвержены фракции 5-7 мм (перенос во фракцию <1,6 мм составляет 11%); 7-10 мм (перенос во фракцию <1,6 мм составляет 18%) и >10 мм (перенос во фракцию <1,6 мм составляет 14%).

В целом при движении окомкованного материала по тракту загрузки наименьшую прочность имеет фракция >10 мм.

Применение предложенного метода для моделирования процессов, протекающих в сыпучей массе при её транспортировании, позволяет с высокой точностью определять изменение содержания каждой фракции многофракционной смеси, что даёт возможность косвенно оценивать сопротивляемость фракций к истирающим и ударным нагрузкам. Изменение содержания в шихте фракции <1,6 мм характеризует влияние на её фракционный состав истирающих нагрузок, тогда как изменение количества фракции 1,6-5 мм в основном зависит от ударных воздействий, вызванных падением сыпучей массы в загрузочном узле. Для оценки сопротивляемости отдельных фракций используем выражение:

$$\bar{i} = \frac{\Delta \hat{O}_{ij}}{\hat{O}_i} \cdot 100\%,$$

где $\Delta \hat{O}_{ij}$ - количество материала, перешедшее из i-ой фракции в j-ю при прохождении сыпучей массы через технологический агрегат, %; \hat{O}_i - содержание i-ой фракции в шихте после окомкования, %.

Соотношение сопротивляемости различных фракций к истирающим и ударным нагрузкам показано на рис. 3.

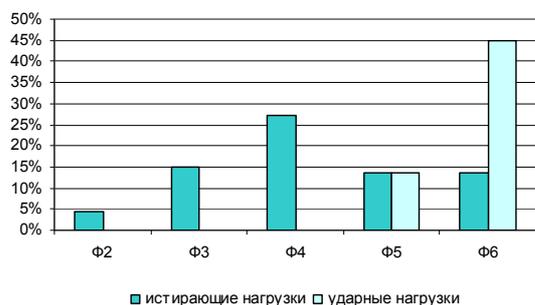


Рис. 3. Косвенные показатели сопротивляемости фракций к истирающим и ударным нагрузкам

Как видно, наибольшему воздействию ударных нагрузок подвержена фракция >10 мм, а истирающих – фракция 5-7 мм. Т.о. ударные нагрузки способствуют стабилизации гранулометрического состава окомкованного материала, вызывая преимущественно разрушение гранул размером >10 мм, сопровождающее в основном образованием фракции 3-5 мм. Одним из требований к транспортированию окомкованной шихты должно быть снижение влияния истирающих нагрузок, в результате воздействия которых образуется фракция <1,6 мм, что существенно снижает газопроницаемость спекаемого слоя.

Таким образом, применение балансового метода для моделирования механизма изменений в окомкованном материале при его транспортировании позволяет с высокой точностью описать воздействие на него истирающих и ударных нагрузок. Это создаёт теоретическую базу для построения алгоритмов оптимального управления агломерационным процессом, целью применения которых является обеспечение требуемых качественных характеристик шихты и заданной газопроницаемости спекаемого слоя. Результаты моделирования массопереноса в сыпучей массе при движении через загрузочный узел агломашины на аглофабрике ОАО «Запорожсталь» показывают, что наибольшему воздействию ударных нагрузок подвержена фракция >10 мм, гранулы которой разрушаются преимущественно до кондиционных размеров; истирающим нагрузкам наиболее подвержена фракция 5-7 мм. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что одним из критериев управления технологическими агрегатами спекательного отделения должно быть снижение влияния на окомкованный материал истирающих нагрузок. Предложенная модель может быть использована для построения алгоритма прогнозирования фракционного состава шихты на различных участках тракта шихтоподачи и управления технологическим оборудованием в соответствии с указанным критерием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пазюк М. Ю., Полещук А. А. Управление поточно-транспортными системами железорудных материалов. – Запорожье: ЗГИА, 1995. – 120 с.
2. Изменение свойств окомкованной шихты при транспортировке и загрузке на аглоленту / Половой П.А., Пазюк М.Ю., Гранковский В.И., Зинченко М.Ю. // *Металлург*, 1978. – №8. – С.9-11
3. Исследование работы приёмных бункеров агломашины / Пазюк М.Ю., Гранковский В.И., Полещук А.А. // *Известия вузов. Чёрная металлургия*, 1984. – №4. – С. 9-12
4. Использование балансового метода для исследования и моделирования процессов подготовки железорудного сырья к окускованию / Пазюк М.Ю., Башлий С.В., Ерёмченко Д.В., Пазюк Ю.М. – В сб. науч. трудов «Металлургия», Запорожье, ЗГИА, 1999. – С. 23-28
5. www.nsu.ru/education/cmet/node43.html

пост. 24.11.06.