

УДК 62-133.2+669

Власенко Д.А.,
к.т.н. Левченко Э.П.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ИЗВЕСТНЯКА В АГЛОМЕРАЦИОННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Представлена структурная модель процесса измельчения известняка в молотковой дробилке, применяемой в агломерационном производстве. Проведен анализ подсистем подачи материала, измельчения и выгрузки готового продукта. Определены производительность, скорость движения сырья и готового продукта и его крупность.

Ключевые слова: молотковая дробилка, структурный анализ, производительность, скорость, крупность.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Получение оптимальной крупности кусковых материалов во время дробления и измельчения исходного сырья в машинах различного типа имеет важное практическое значение для агломерационного производства. Это связано со значительным влиянием фракционного состава сырья на производительность процесса агломерации, а также потребительские свойства готового агломерата [1].

В настоящее время при дроблении флюсов, включая известняк, в металлургическом и агломерационном производствах широко используют молотковые дробилки [2], подачу исходного сырья в которые осуществляют вибрационным питателем. На выходе из вибрационного конвейера в районе загрузочного отверстия молотковой дробилки траектория движения кусков известняка определяется скоростью падения материала и вентиляционной способностью ротора. От этого зависит, в какую область рабочей зоны молотков ротора поступает дробимый материал, что, в свою очередь, оказывает влияние на значение угла, под которым произойдет соударение его с молотками, и на дальнейшее направление движения сырья к отбойным плитам, а также на то, в какой плоскости начнется дробление кусков известняка на поверхно-

сти плиты и в какой степени эффективно-сти будет задействована ее рабочая зона.

Одним из способов, позволяющих проанализировать технологические процессы, протекающие в дробильных машинах, является применение структурного анализа, предоставляющего возможность оценить степень влияния различных факторов на отдельных этапах перемещения материала, как во время его загрузки в дробилку, так и в процессе диспергирования на более мелкие частицы [3].

Известно [4] существенное влияние крупности известняка, обожженного в циклонной печи (3-0 мм) и получаемого в кольцевой печи (3-12 мм), на показатели спекания агломерата. При одинаковой степени обжига известь циклонной печи обеспечивает увеличение на 6-7 % скорости спекания агломерата, повышение на 6-7 % выхода класса плюс 5 мм после испытания агломерата в барабане Рубина и уменьшение на 7-8 % выхода класса минус 0,5 мм, что обусловлено не только меньшей крупностью извести циклонной печи, но и большей ее активностью. Влияние крупности извести подтверждено и исследованиями [3, 4], что позволяет увеличить вертикальную скорость спекания агломерата от 15 до 37 %, а при содержании 40 % мелкой железной руды и высокой дисперсности

вводимой извести (90 % класса минус 0,074 мм) снизить ее содержание до 1 % [5].

Постановка задачи. Задачей данной работы является выявление влияния факторов подачи кускового известняка в молотковую дробилку на эффективность использования рабочей поверхности отбойной плиты с точки зрения создания более рационального режима для диспергирования материала.

Изложение материала и его результаты. Структурную схему процесса диспергирования кусковой извести в агломерационном цехе можно представить в виде взаимосвязи элементов трех подсистем (рис. 1): $S_{1,1}$ – загрузки дробилки исходными кусками извести; $S_{2,1}$ – дробления в

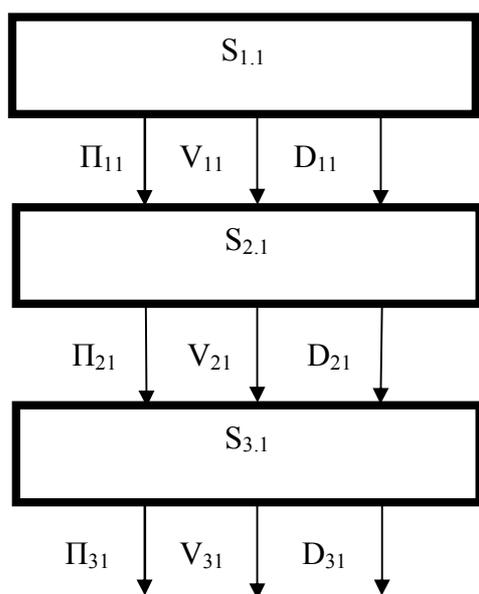


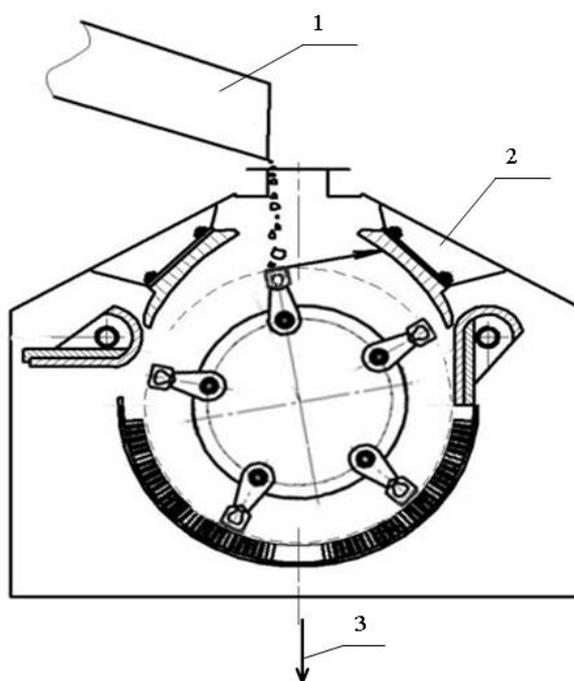
Рисунок 1 – Структурная схема

рабочей камере машины; $S_{3,1}$ – вывода готового продукта.

В качестве функциональных параметров первоначальной подсистемы S_{1c} выступают основополагающие для рассматриваемых процессов факторы – начальная скорость материала V_n , производительность в подсистеме P_n и крупность D_n , которые изменяются на соответствующие параметры V_{n+1} , P_{n+1} и D_{n+1} при переходе в последующую подсистему с состоянием S_{i+1} .

Рассмотрим процессы, происходящие в подсистеме $S_{1,1}$, обеспечивающей загрузку дробилки исходными кусками известняка с помощью вибрационного конвейера.

На рисунке 2 отобразено взаимное положение ротора и траектории движения кусков известняка, при котором угол соударения материала с молотками максимально позволяет использовать поверхность отбойных плит, но в такой ситуации количество подаваемого материала будет минимальным.



1 – вибропитатель; 2 – молотковая дробилка; 3 – выход готового продукта

Рисунок 2 – Максимальный угол использования плит

Необходимо выбрать скорость движения материала по поверхности вибрационного питателя, соответствующую траектории падения кусков известняка и обеспечивающую оптимальное взаимоотношение эффективности дробления и количества загружаемого материала. Найдем зависимость количества загружаемого материала в дробилку и эффективности использования поверхности отбойных плит от скорости движения материала по вибрационному конвейеру.

Скорость движения материала определим из формулы:

$$V = (k_1 + k_2 \sin \beta) \cdot a \cdot \omega \cdot \cos \beta_1 \sqrt{1 - \frac{1}{T^2}} \quad (1)$$

где k_1 и k_2 – коэффициенты учитывающие физико-механические свойства материала; $k_1 = 0,9$, $k_2 = 1,5$ [6]; $\beta = 35^\circ$ – угол наклона конвейера; S_n – площадь сечения загрузочного отверстия; $a = 1,6$ мм – амплитуда колебаний трубы; ω – угловая скорость эксцентрикового вала; $\beta_1 = 35^\circ$ – угол направления колебания (угол между коромыслом и перпендикуляром к трубе); $T = 2,3$ – коэффициент режима работы [6];

На рисунке 3 отображено положение, при котором количество подаваемого материала будет максимальным, но тогда угол соударения материала с молотками не позволяет использовать поверхность отбойных плит в полной мере и эффективность дробления падает.

Производительность вибропитателя [6]:

$$П_{11} = 3600 \cdot F \cdot a \cdot V \cdot \gamma_p \cdot \varphi, \quad (2)$$

где F – площадь сечения трубы в свету, $м^2$,

$F = 0,25\pi D^2 = 0,41$ $м^2$; γ_p – насыпная масса груза, $\gamma_p = 1,5$ $т/м^3$ [6]; $\varphi = 0,5$ – коэффициент наполнения трубы.

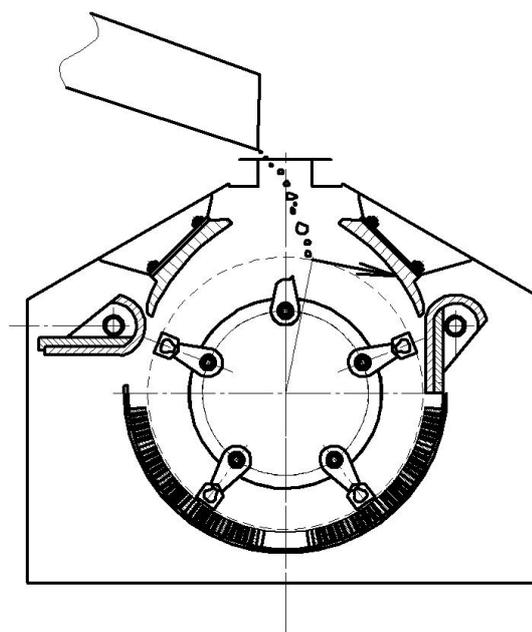


Рисунок 3 – Минимальный угол обхвата отбойных плит

Время, затрачиваемое материалом на проникновение в рабочую зону молотков, при свободном падении составляет 0,38 с. Крупность исходных кусков известняка D_{11} в рассматриваемой подсистеме остается практически неизменной ввиду низкого потенциального и кинетического энергетического воздействия на него.

Рассмотрим влияние подсистемы $S_{2.1}$, обеспечивающей диспергирование материала в рабочей камере молотковой дробилки.

Таблица 1 – Влияние скорости движения материала по виброконвейеру на эффективность использования отбойных плит и производительность

	Угловая скорость эксцентрикового вала, $с^{-1}$	Скорость движения материала по трубе, м/с	Производительность вибропитателя, т/час	Эффективность использования рабочей поверхности отбойной плиты, %
1	15	0,33	368	56,1
2	16	0,35	387	54,9
3	17	0,37	409	52,8
4	18	0,40	440	51,3
5	19	0,42	464	50,1
6	20	0,44	487	48,6
7	21	0,46	509	47,0

Производительность дробилки определяется по формуле [7]:

$$P_{21} = B \cdot L_p \cdot h \cdot n \cdot z, \quad (3)$$

где B – длина хорды дуги ротора, соприкасающейся с материалом, м; L_p – рабочая длина ротора, м; h – толщина слоя материала, соответствующая пути опускания свободно падающих тел по высоте молотка за один поворот ротора между последующими рядами молотков, м; n – частота вращения ротора, об/с; z – число рядов молотков.

Формула (2) дает завышенные данные по производительности в связи с тем, что не учитывает влияние толщины молотка, снижающей длину хорды дуги ротора. Учтем это вычтя толщину молотка с учетом количества их рядов:

$$P_{21} = (B - l_m \cdot z) \cdot L_p \cdot h \cdot n \cdot z, \quad (3)$$

где l_m – толщина молотка, м.

Толщину слоя материала h определим из формулы пути [8]:

$$h = V_e \cdot t_h, \quad (4)$$

где V_e – вертикальная скорость падения материала с конвейера в загрузочное отверстие дробилки, м/с; t_h – время поворота ротора на один ряд молотков, с,

$$V_e = V_{11} \cdot \sin \beta, \quad (5)$$

$$t_h = \frac{2\pi}{z\omega}. \quad (6)$$

С учетом (5) и (6), а также, что $n=30\omega/\pi$, формула (3) примет вид:

$$P_{12} = 60(B - l_m \cdot z) \cdot L_p \cdot V_{11} \cdot \sin \beta, \text{ м}^3/\text{с} \quad (7)$$

Скорость движения материала в данной подсистеме определяется как [7]:

$$V_{21} = 1,75 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt[3]{\frac{\sigma_p}{\rho \cdot D_{cm}}}, \text{ м/с} \quad (8)$$

где σ_p – предел прочности материала при растяжении, Па; ρ – плотность материала, кг/м³; D_{cm} – средневзвешенный размер исходного материала, м.

Внутри рабочей камеры машины известняк подвергается многократному соударению с молотками ротора и отбойными плитами, достигая размера отверстий в колосниковой решетке, что определяет крупность готового продукта $D_{21}=D_{31}$, выводимого из дробилки как под действием сил инерции движущихся частиц, так и вентиляторным эффектом ротора, что обеспечивается подсистемой $S_{3.1}$. Для устойчивой работы дробилки производительность каждой из последующих подсистем должна быть равной, а лучше превышать производительность предыдущей подсистемы:

$$P_{31} \geq P_{21} \geq P_{11}. \quad (9)$$

Для повышения эффективности дробления, с точки зрения недопущения лишних затрат энергии, особо важным является своевременное удаление из рабочей камеры дробилки готового продукта, достигшего своей необходимой крупности. Это можно достичь своевременным отсосом пылевоздушной смеси, что увеличивает производительность молотковой дробилки до 30 % [9].

Производительность подсистемы выгрузки готового продукта можно определить как произведение суммарной площади отверстий в сите дробилки на скорость движения частиц дробленого известняка с учетом коэффициента сопротивления на прохождение частиц через отверстия.

$$P_{31} = P_{\Sigma o} \cdot V_{21} \cdot k_c, \quad (10)$$

где $P_{\Sigma o}$ – суммарная площадь отверстий в колосниковой решетке; k_c – коэффициент сопротивления колосниковой решетки.

Выводы и направление дальнейших исследований.

Разработана структурная модель процесса измельчения известняка в молотковой дробилке при производстве агломерата. Полученные с помощью анализа подсистем данные об изменении основных параметров процесса для питателя с площадью сечения трубы 0,41 м² показывают, что повышение эффективности работы

дробилки достигается при максимальном использовании площади рабочих поверхностей отбойной плиты при производительности вибропитателя 368 т/ч и его скорости движения материала 0,33 м/с. Ре-

зультаты численного расчета могут быть применены при выборе рациональных геометрических параметров оборудования для диспергирования известняка.

Библиографический список

1. Блохин В. С. Основные параметры технологических машин. Машины для дезинтеграции твердых материалов. Ч. 1 / В. С. Блохин, В. И. Большаков, Н. Г. Малич. — Днепропетровск: ИМА-пресс, 2006. — 404 с.
2. Жилкин В. П. Производство агломерата, оборудование, автоматизация / В. П. Жилкин, Д. Н. Доронин. — Екатеринбург: Уральский центр ПР и рекламы, 2004. — 292 с.
3. Левченко О. О. Використання системного підходу до аналізу роботи одновалкової зубчастої дробарки. / О. О. Левченко [Електронний ресурс] // Електронний вісник Донбасу. — 2007. — № 2(2). Режим доступу до журн.: http://alma_mater.lnpu.edu.ua/elect_v/№2/07/looozd.pdf
4. Савельев С. Г. Применение в агломерационной шихте извести разной степени обжига / [С. Г. Савельев, Р. Д. Каменев, О. Г. Феродов и др.] // Изв. вуз. Черная металлургия, 1980. — № 3. — С. 24-26.
5. Большак В. В. Влияние извести различного качества на процесс производства агломерата / В. В. Большак, Г. С. Васильев, Е. И. Сулеменко // Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции «Проблемы производства и использования извести в черной металлургии». — Днепропетровск, 1979. — С. 63 - 64.
6. Иванченко Ф. К. Расчеты грузоподъемных и транспортных маши / [Ф. К. Иванченко, В. С. Бондарев, Н. К. Колесник и др.]. — Киев: Вища школа, 1978. — 576 с.
7. Борщев В. Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы : учебн. пособ. / В. Я. Борщев. — Тамбов: изд-во Тамбовского гос. ун-та., 2004. — 75 с.
8. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики / С. М. Тарг. — М.: Наука, 1974. — 478 с.
9. Соколов В. И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств / В. И. Соколов. — М.: Машиностроение, 1983. — 447 с.

Рекомендована к печати к.т.н., проф. ДонГТУ Уляницьким В.Н.,
д.т.н., проф ДонНТУ Ерньоко С.П.

Власенко Д.О., к.т.н. Левченко Е.П. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ДИСПЕРГУВАННЯ ВАПНЯКУ В АГЛОМЕРАЦІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Представлено структурну модель процесу подрібнення вапняку у молотковій дробарці, що застосовується в агломераційному виробництві. Проведено аналіз підсистем подання матеріалу, подрібнення та вивантаження готового продукту. Визначені продуктивність, швидкість руху сировини та готового продукту та його крупність.

Ключові слова: молоткова дробарка, структурний аналіз, продуктивність, швидкість, крупність.

Vlasenko D.A., PhD Levchenko E.P. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

STRUCTURAL ANALYSIS OF LIME DISPERSION PROCESS IN AGGLOMERATE PRODUCTION

Structural model of lime grinding in a hammer crusher that is used in sintering production was shown. Analysis of subsystems for material feed, grinding and unloading of finished product was carried out. Productivity, speed of raw materials and finished product movement and its fineness were defined.

Key words: hammer crusher, structural analysis, productivity, speed, fineness.