

УДК 621.926.9

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

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДАЧИ МАТЕРИАЛА В РАБОЧУЮ ЗОНУ МОЛОТКОВОЙ ДРОБИЛКИ НА УСЛОВИЯ ПРОЦЕССА СОУДАРЕНИЯ

На основании исследований условий подачи сырья в молотковую дробилку определены зависимости глубины и расстояния внедрения материала в рабочую зону молотков. Выявлено влияние исследуемых параметров на линейную скорость в точке соударения, скорость движения породной частицы после удара и траекторию движения к отбойной плите.

Ключевые слова: молотковая дробилка, виброконвейер, глубина внедрения, расстояние внедрения, радиус соударения.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

В технологической цепочке агломерационного производства дробление флюсов является необходимым и одним из наиболее энергоемких процессов. Измельчение сырья необходимо производить до крупности частиц, которая рекомендуется для условий спекания агломерата.

Основным оборудованием для подготовки известняка являются молотковые дробилки ударного типа с горизонтальным расположением ротора [1]. Благодаря простоте конструкции, надежности в работе и удобства в обслуживании при эксплуатации они нашли широкое применение. При этом к недостаткам данных машин относятся существенный расход энергии и высокая степень износа рабочих узлов.

Анализ исследований и публикаций.

Как показывает анализ большинства исследований [2, 3, 4, 5], большое внимание уделяется конструктивным изменениям рабочих элементов дробилок, режимных параметров их работы, энергоемкости и эффективности дробления при ударе и истирании.

В то же время такие процессы, как загрузка и подача материала в зону соударения с молотками, фактически не рассматривались.

В научных работах Фролова К. В. и Брусовой О. М. [6, 7] изучено влияние параметров загрузки сырья в рабочее про-

странство на производительность процесса дробления, затрачиваемую удельную мощность и степень износа рабочих элементов дробильной установки.

Однако в этих работах не был проведен анализ влияния геометрических характеристик загрузочного устройства молотковой дробилки, скорости движения и положения точки выгрузки частицы материала на выходе из вибрационного трубоконвейера на параметры внедрения в зону соударения.

Цель (задачи) исследований.

Задачей данных исследований является определение влияния параметров загрузки и подачи дробимого материала в рабочую зону молотковой дробилки на процесс соударения при подготовке флюсов в условиях участка подготовки шихты агломерационного цеха ПАО «Алчевский металлургический комбинат».

Изложение материалов исследований.

Параметры внедрения сырья в рабочую зону дробилки зависят от стадии загрузки и вхождения частицы материала в зону соударения с молотками.

Загрузка материала в приемное устройство молотковой дробилки осуществляется при помощи вибрационного трубоконвейера и характеризуется скоростью движения флюса в питателе, которая будет влиять на начальную скорость падения в загрузочное устройство дробилки, на глубину и расстояние внедрения в зону соударения с молотками.

По предложенной Иванченко К. Ф. методике скорость движения материала в вибрационном питателе приближенно определяется как:

$$V_c = (k_1 + k_2 \sin \beta) \alpha \omega_{\text{Э}} \cos \beta' \sqrt{1 - \frac{1}{T^2}}, \quad (1)$$

где k_1 и k_2 — коэффициенты, учитывающие физико-механические свойства материала; β — угол наклона трубоконвейера; α — амплитуда колебаний трубы; $\omega_{\text{Э}}$ — угловая скорость эксцентрикового вала (циклическая частота); β' — угол направления колебания (угол между коромыслом и перпендикуляром к трубе); T — коэффициент режима работы трубоконвейера [8].

На практике амплитуду колебаний трубы и угол направления колебаний определить фактически с достаточно высокой точностью довольно сложно.

Для более достоверного выявления значения угла β' , а соответственно, и скорости движения материала предлагается использовать метод, основанный на определении амплитуды вертикальных α_1 и горизонтальных α_2 колебаний (рис. 1) с применением виброизмерительного прибора «АГАТ-М» с пьезоакселерометром со встроенным преобразователем (модель РА-023) [9].

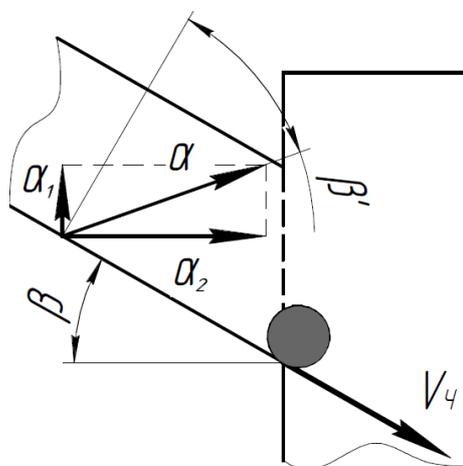


Рисунок 1 Схема движения частицы материала в трубоконвейере

Из треугольников, образованных векторами горизонтальных и вертикальных колебаний, значение амплитуды результирующих колебаний при движении материала по вибрационной трубе определяется как:

$$\alpha = \sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2}. \quad (2)$$

Угол между направлением колебаний трубы и нормалью к поверхности:

$$\beta' = \arccos\left(\frac{\alpha_1}{\alpha}\right) - \beta. \quad (3)$$

С учетом зависимостей (2, 3) скорость транспортирования груза питателем приближенно может быть вычислена по формуле:

$$V_c = \omega_{\text{Э}} (k_1 + k_2 \sin \beta) \sqrt{1 - \frac{1}{T^2}} \times (\alpha_2 \cos \beta - \alpha_1 \sin \beta). \quad (4)$$

Второй стадией процесса подачи измельчаемого сырья в дробилку является внедрение частицы материала в зону соударения с молотками.

Местоположение точки соударения с рабочей поверхностью рабочего органа будет оказывать влияние на процессы удара и дальнейшего движения частицы к отбойной плите.

Позиционирование центра соударения будет зависеть от глубины s и расстояния внедрения l частицы до точки соударения (рис. 2).

Для определения расстояния, которое преодолит частица до центра удара с молотками в горизонтальной плоскости, составим систему уравнений движения относительной вертикальной оси ротора:

$$\begin{cases} l = V_c \cos \beta t \\ h = V_c \sin \beta t - \frac{gt^2}{2}, \end{cases} \quad (5)$$

где h — расстояние от точки выгрузки материала из вибрационного питателя до радиального положения внешней грани молотков R_0 (рис. 2); t — время падения частицы.

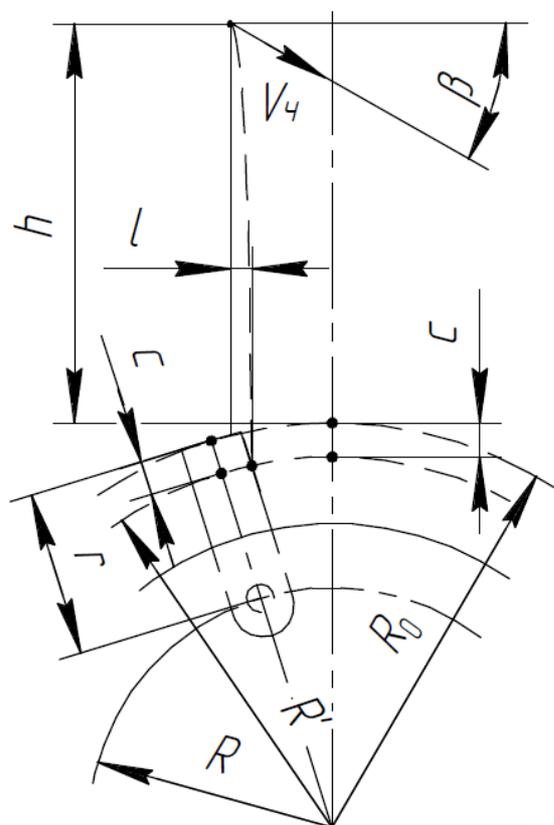


Рисунок 2 Схема внедрения частицы сырья в рабочую зону молотковой дробилки

Решение системы уравнений (5) дает следующий результат:

$$l = \frac{\sqrt{V_4^4 \sin^2 2\beta + 8ghV_4^2 \cos^2 \beta}}{2g} - \frac{V_4^2 \sin 2\beta}{2g} \quad (6)$$

Предположим, что кусок дробимого материала максимально приближается к нерабочей грани, уходящего от него молотка и проникает в зону вращающегося ротора, а следующий молоток дробит его.

Тогда глубина внедрения породной частицы в рабочую зону молотков:

$$c = \left(V_4 \sin \beta + \sqrt{2gh} \right) \frac{2\pi}{k\omega}, \quad (7)$$

где k — количество рядов молотков в дробилке; ω — угловая скорость вращения ротора.

Исходя из этого, радиус соударения частицы материала с молотком:

$$R' = R + r - \left(V_4 \sin \beta + \sqrt{2gh} \right) \frac{2\pi}{k\omega}, \quad (8)$$

где R — радиус подвеса молотков; r — расстояние от оси подвеса бил до внешней грани бойка.

При движении по окружности линейная скорость точки зависит от расстояния до оси вращения:

$$V = \omega R'. \quad (9)$$

Пропорциональное увеличение скорости влечет за собой квадратичное увеличение кинетической энергии, а, следовательно, резко повышает эффективность дробления.

Таким образом, местоположение центра удара молотков по куску материала будет влиять на следующие характеристики процесса дробления: 1) линейную скорость бил в точке соударения; 2) скорость движения породной частицы после удара; 3) траекторию движения к отбойной плите после ударного контакта (с учетом угла отклонения бил при ударе) (рис. 3).

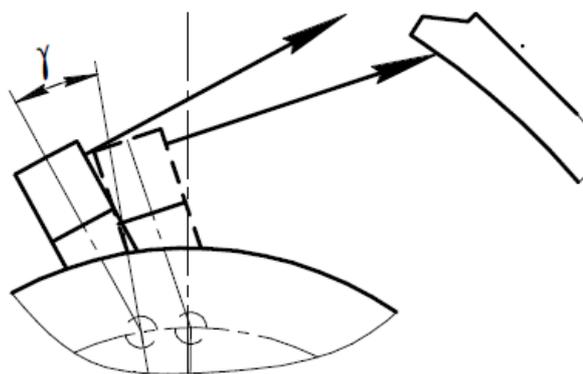


Рисунок 3 Схематическая модель движения материала после соударения

Как видно из рисунка 3, при неправильной загрузке в рабочую зону (при преждевременном внедрении частицы) может происходить выведение материала за пределы рабочего пространства дробилки,

что негативно сказывается на степени использования отбойной плиты и процессе дробления в целом.

На основании вышеизложенного были определены параметры загрузки и внедрения с учетом технических характеристик дробильного комплекса в промышленных условиях агломерационного цеха ПАО «АМК», включающего в себя вибрационный трубный конвейер типа 79-ТС и роторную молотковую дробилку ДМРиЭ-14,5×13.

Таблица

Параметры загрузки и внедрения материала в рабочую зону молотковой дробилки

Название параметра	Значение
1. Расстояние внедрения l , мм	85
2. Глубина внедрения c , мм	81
3. Радиус соударения R' , м	0,664
4. Линейная скорость молотков в центре удара, м/с	52,18

Библиографический список

1. Борщев, В. Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы [Текст] : учеб. пособие / В. Я. Борщев. — Тамбов : изд-во ТГТУ, 2004. — 75 с.
2. Раков, А. М. Факторы, влияющие на эффективность измельчения в молотковых дробилках и мельницах [Текст] / А. М. Раков, А. С. Лунев // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвузовский сборник статей. — Белгород : Изд-во БГТУ, 2011. — № 10. — С. 206–209.
3. Богданов, В. С. Усовершенствование конструкции молотковых дробилок [Текст] / В. С. Богданов, А. М. Раков, Е. И. Тишин // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвузовский сборник статей. — Белгород : Изд-во БГТУ, 2010. — № 9. — С. 63–66.
4. Сандыков, Э. С. Оптимизация и совершенствование технологических схем добычи и переработки известняков на основе их более полного и комплексного использования [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 25.00.21 / Садыков Эргестан Сабиржанович; ЮРГТУ. — Новочеркасск, 2002. — 131 с.
6. Строительные, дорожные и коммунальные машины. Оборудование для производства строительных материалов [Текст] / К. В. Фролов и др. — М. : Машиностроение, 2005. — 736 с.

Выводы.

В ходе исследований были определены зависимости глубины и расстояния внедрения материала в рабочую зону от геометрических параметров загрузочного устройства в условиях дробильного комплекса аглофабрики ПАО «АМК».

Выявлено влияние данных параметров на линейную скорость бил в точке соударения, скорость движения частицы после удара и траекторию движения к отбойной плите после ударного контакта.

Перспективным направлением исследования процесса дробления флюсов в молотковых дробилках ударного действия является изучение процесса соударения частицы с молотками с целью определения угла отклонения молотков, скорости скольжения материала по рабочей поверхности бил и траектории движения частицы к отбойной плите после удара при использовании различных конструкций рабочих органов.

В настоящее время такие работы проводятся в Донбасском государственном техническом университете с привязкой к условиям участка подготовки шихтовых материалов агломерационного цеха ПАО «АМК».

5. Черепков, А. В. Совершенствование процесса измельчения зерна с обоснованием конструктивно-режимных параметров молотковой дробилки [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Черепков Александр Викторович; ОГАУ— Орел, 2016. — 152 с.

7. Брусова, О. М. Повышение эффективности молотковых дробилок за счет обоснования рациональных параметров рабочего органа [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.06 / Брусова Ольга Михайловна. — Екатеринбург : УГГУ, 2012. — 20 с.

8. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин [Текст] / Ф. К. Иванченко и др. — К. : Вища школа, 1978. — 576 с.

9. ГОСТ ИСО 2954-97. Вибрация машин с возвратно-поступательным и вращательным движением. Требования к средствам измерений [Текст]. — Введ. 1999-07-01. — М. : Изд-во стандартов, 1998. — 17 с.

© Власенко Д. А.

© Левченко Э. П.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. каф. ММК ДонГТУ Харламовым Ю. А., д.т.н., зав. каф. МОЗЧМ ДонНТУ, проф. Еронько С. П.

Статья поступила в редакцию 04.12.17.

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

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ПОДАЧІ МАТЕРІАЛУ ДО РОБОЧОЇ ЗОНИ МОЛОТКОВОЇ ДРОБАРКИ НА УМОВИ ПРОЦЕСУ ЗІТКНЕННЯ

На підставі досліджень умов подачі сировини до молоткової дробарки визначено залежності глибини і відстані впровадження матеріалу в робочу зону молотків. Виявлено вплив досліджуваних параметрів на лінійну швидкість у точці зіткнення, швидкість руху породної частки після удару і траєкторію руху до відбійної плити.

Ключові слова: молоткова дробарка, віброконвеєр, глибина впровадження, відстань впровадження, радіус зіткнення.

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

INFLUENCE OF PARAMETERS OF MATERIAL FEEDING INTO ACTIVE ZONE OF HAMMER CRUSHER ON COLLISION PROCESS CONDITIONS

Having studied the conditions for feeding the raw material into hammer crusher there were determined the dependencies of penetration depth and distance of a material into active zone of a hammer. There have been found out the influence of studied parameters on line rate in collision point, rate of a rock particle after impact and moving trajectory towards the impact plate.

Key words: hammer crusher, shaking conveyor, penetration depth, penetration distance, radius of collision.