

УДК 62-133.2+669

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

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА КРЕПЛЕНИЯ МОЛОТКОВ НА ОСИ РОТОРА НА СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКА К ОТБойНОЙ ПЛИТЕ В УДАРНОЙ ДРОБИЛКЕ

На основании зависимости закона сохранения кинетической энергии и закона сохранения импульсов молотков ударной центробежной дробилки и частицы материала, поступающей в рабочую зону дробления, приведены результаты исследований скоростей известняка после соударения по направлению к отбойной плите. В результате исследований выявлено увеличение скорости движения материала после удара молотками при комбинированном способе их установки на оси ротора по отношению к шарнирному креплению.

Ключевые слова: скорость материала в рабочей зоне, молотковая дробилка, молотки, способы крепления молотков, отбойная плита.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Процессы дробления являются весьма распространенными и встречаются практически в любой отрасли производственной деятельности. Наиболее широкое применение они находят: в горнорудной промышленности при переработке полезных ископаемых; в химической промышленности при производстве минеральных удобрений, красителей и многих других видов продукции; в промышленности строительных материалов при производстве вяжущих материалов (цемента, извести, гипса), при изготовлении керамических, силикатных, бетонных и железобетонных изделий и конструкций.

Анализ исследований и публикаций.

Широкое применение процессы дробления и измельчения нашли в металлургии черных металлов, например, при диспергировании известняка и твердого топлива в агломерационном производстве [1].

Однако процесс дробления является весьма энергоемким, т. е. требует больших энергетических затрат и сопряжен с безвозвратной потерей металла из-за износа рабочих элементов. Так, в ряде работ [2, 3] отмечается, что в настоящее время на из-

мельчение затрачивается около 5-10% производимой в мире электроэнергии и несколько миллионов тонн высококачественной стали. Мощность привода молотковых дробилок в агломерационном производстве достигает 1000 кВт [4].

Большие энергетические затраты объясняются не только значительными объемами перерабатываемых материалов, но и тем, что используемые для дробления машины (особенно для помола) отличаются чрезвычайно низкой эффективностью и КПД их составляет, в лучшем случае, несколько процентов [1]. Поэтому многие исследователи в настоящее время занимаются разработкой новых эффективных машин для диспергирования материалов. Все более широкое применение находят молотковые дробилки.

Однако, несмотря на это, современные измельчители ударного действия имеют целый ряд недостатков, которые значительно снижают эффективность их работы.

Цель (задачи) исследований.

Наряду с высоким износом рабочих элементов в данных дробилках большая часть подводимой энергии расходуется на измельчение материала именно за счет истирания, а не удара, что приводит к из-

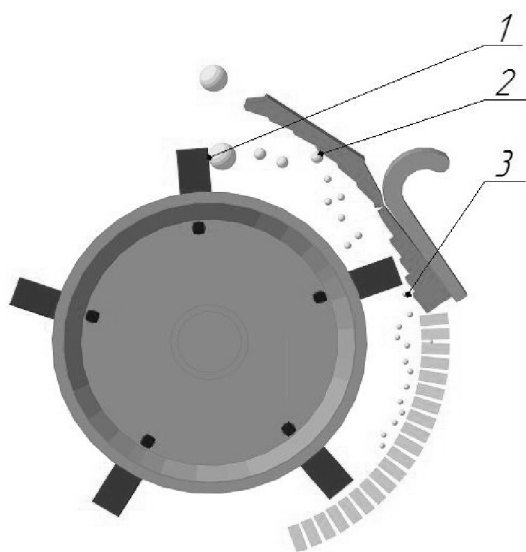
лишнему росту удельных энергозатрат на тонну готового продукта.

Так, например, по данным С.П. Джинджихадзе [5], в молотковой дробилке при линейной скорости молотков 110 м/с на дробление материала ударом расходуется только 16,9 % от всей подводимой энергии, а на измельчение истиранием — 83,1 %.

Одним из путей решения данной проблемы является уменьшение потери скорости движения частиц материала и молотков при их соударении.

Изложение материалов исследований.

Дробление в ударной дробилке проходит в три стадии (рис. 1): удар молотков по материалу; удар материала об отбойную плиту; истирание материала о поворотную плиту и колосниковую решетку.



1 – первая стадия; 2 – вторая стадия;
3 – третья стадия

Рисунок 1 Стадии дробления в молотковой дробилке

Обозначим v'_1 и v'_2 как скорости молотков и частицы известняка после их соударения соответственно.

В данном случае можно воспользоваться законом сохранения кинетической энергии и законом сохранения импульса тел, вступающих во взаимодействие (в проекциях на ось x) [6]:

$$\begin{cases} \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}, \\ m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \end{cases}, \quad (1)$$

где — масса молотка, m_2 — масса частицы материала, v_1 — скорость молотка до соударения, v_2 — скорость частицы материала до удара.

Решив эту систему уравнений относительно v'_1 и v'_2 , получим:

$$v'_1 = \frac{2m_2 v_2 + (m_1 - m_2)v_1}{m_1 + m_2}, \quad (2)$$

$$v'_2 = \frac{2m_1 v_1 + (m_2 - m_1)v_2}{m_1 + m_2}. \quad (3)$$

Так как скорость движения частицы материала в проекции на ось x равна нулю (примем, что загружаемый материал падает вертикально), то формулы (2, 3) примут следующий вид:

$$v'_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1}{m_1 + m_2}, \quad (4)$$

$$v'_2 = \frac{2m_1 v_1}{m_1 + m_2}. \quad (5)$$

В данном случае нас интересует скорость частицы материала v'_2 , а точнее, скорость нескольких фрагментов материала, образовавшихся после удара.

Согласно теории сохранения энергии, их скорость будет равна скорости всей частицы материала до процесса разрушения.

Эта скорость окажет влияние на величину импульса, от которого будет зависеть сила удара частиц об отбойную плиту, влияющая, в свою очередь, на эффективность дробления известняка в этой стадии.

Рассмотрим два случая: шарнирное соединение молотков с осью [4] (все молотки устанавливаются на ось ротора свободно) и комбинированное [7], когда все молотки в ряду установлены на оси неподвижно, а ось в отверстиях ротора молотковой дробилки не фиксируется.

При шарнирном соединении молотка с осью (рис. 2) при ударе во взаимодействие с частицей вступает масса только одного молотка из всего ряда, установленного на оси ротора.

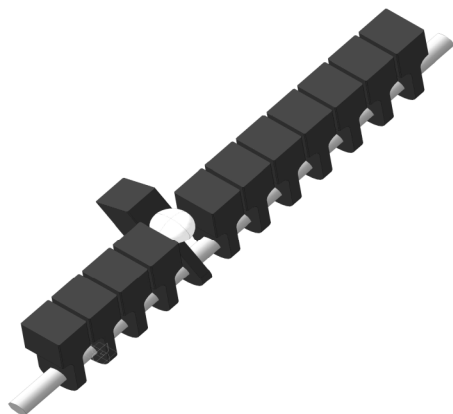


Рисунок 2 Схема соударения частицы при шарнирном соединении молотков

При контактном взаимодействии с куском материала одного молотка используется формула (5):

$$v'_2 = \frac{2m_1v_1}{m_1 + m_2}.$$

При комбинированном соединении на материал воздействует сила удара всех молотков в ряду, следовательно, необходимо учитывать массу всех бил, установленных на оси подвеса на роторе (рис. 3).

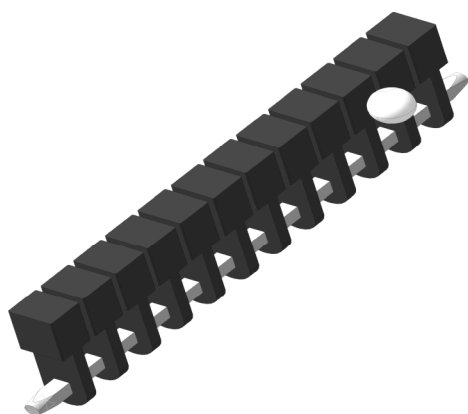


Рисунок 3 Схема соударения частицы при комбинированном соединении молотков

Таким образом, скорость движения дробимого материала после удара будет определяться как:

$$v'_2 = \frac{2nm_1v_1}{nm_1 + m_2}, \quad (6)$$

где n – количество молотков в ряду, для дробилки ДМРиЭ 1450×1300 в условиях ПАО «АМК» $n=12$ шт.

Принимая значение средней фракции поступающего на производство агломерата известняка равным 60 мм (соответственно массу куса материала $m_2=2,53$ кг) и массу молотка $m_1=17,1$ кг, определим скорости молотков для двух типов крепления.

Для шарнирного:

$$v'_{2\text{шар}} = \frac{2m_1v_1}{m_1 + m_2} = 93,056 \text{ м/с.}$$

Для комбинированного:

$$v'_{2\text{комб}} = \frac{2nm_1v_1}{nm_1 + m_2} = 105,539 \text{ м/с.}$$

Таким образом, наблюдается увеличение скорости движения материала по направлению к отбойной плите (рис. 4) на 13 %, что, в свою очередь, скажется на эффективности второй стадии дробления в молотковой дробилке — разрушения известняка при ударе о плиту.

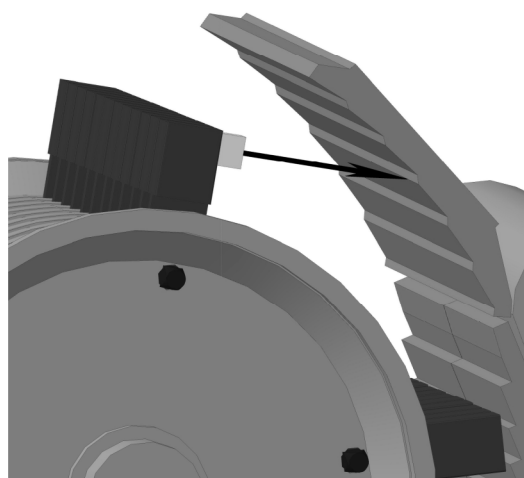


Рисунок 4 Схема движения частицы материала после удара молотков к отбойной плите

Выводы.

Таким образом, в результате исследований выявлено увеличение на 13 % скорости движения материала после удара молотками при комбинированном способе установки молотков на оси ротора по отношению к шарнирному креплению.

Перспективным направлением изучения процесса дробления известняка в молотковых дробилках ударного действия комбинированного типа является математическое

моделирование диспергирования материала в ее рабочих зонах с целью определения степени увеличения прироста выхода годной фракции в каждой стадии измельчения и всего процесса в целом.

В настоящее время такие работы проводятся в Донбасском государственном техническом университете с привязкой к агломерационному и коксохимическому производству ПАО «Алчевский металлургический комбинат».

Библиографический список

1. Серго, Е. Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых [Текст] / Е. Е. Серго. — М. : «Недра», 1985. — 282 с.
2. Гийо, Роже. Проблема измельчения материалов и ее развитие [Текст] / Роже Гийо. — М. : Стройиздат, 1964. — 110 с.
3. Власенко, Д. А. Энергозатраты ударных дробилок с жестким и шарнирным креплением бил к ротору [Текст] / Д. А. Власенко, О. И. Павлиненко, Э. П. Левченко // Металлургические процессы и оборудование: Вестник научных трудов. — Донецк, 2016. — № 3. — С. 21–26.
4. Машины и агрегаты металлургических заводов: в 3 т.: Т. 1. / А. И. Целиков, и др. [Текст]. — М. : Металлургия, 1987. — 440 с.
5. Джинджихадзе, С. П. Исследование энергоемкости процесса дробления фуражного зерна в молотковых дробилках [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 08.04.01 / Джинджихадзе Сурен Петрович. — Тбилиси : ТГУ, 1965. — 35 с.
6. Тарг, С. М. Краткий курс теоретической механики [Текст] : учебн. для втузов; / С. М. Тарг. — 10-е изд., перераб. и доп. — М. : Высш. шк., 1986. — 416 с.
7. Власенко, Д. А. Эффективность дробления известняка в дробилках с вращающимся ротором при реализации различных способов воздействия на материал ударом [Текст] / Д. А. Власенко // «Молодежь и XXI век — 2016»: Материалы VI Международной молодежной научной конференции. — Курск, 2016. — С. 94–98.

© Власенко Д. А.

© Левченко Э. П.

© Бондарь Н. А.

Рекомендована к печати к.т.н., проф. каф. ММК ДонГТУ Ульяницким В. Н., д.т.н., зав. каф. МОЗЧМ ДонНТУ, проф. Еронько С. П.

Статья поступила в редакцию 27.01.17.

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

ВПЛИВ СПОСОБУ КРІПЛЕННЯ МОЛОТКІВ НА ОСІ РОТОРА НА ШВИДКІСТЬ РУХУ ВАПНЯКУ ДО ВІДБІЙНОЇ ПЛИТИ В УДАРНІЙ ДРОБАРЦІ

На підставі залежності закону збереження кінетичної енергії і закону збереження імпульсів молотків ударної відцентрової дробарки і частки матеріалу, що надходить в робочу зону дроблення, наведені результати досліджень швидкостей вапняку після зіткнення у напрямку до відбійної плити. В результаті досліджень виявлено збільшення швидкості руху матеріалу після удару молотками при комбінованому способі установки молотків на осі ротора по відношенню до шарнірного кріплення.

Ключові слова: швидкість матеріалу в робочій зоні, молоткова дробарка, молотки, способи кріплення молотків, відбійна плита.

Vlasenko D.A., Ph.D. Levchenko E.P., Bondar N.A. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

INFLUENCE OF HAMMERS FASTENING TECHNIQUE TO ROTOR AXIS ON THE LIME FEED RATE MOVING TO THE IMPACT PLATE IN THE IMPACT CRUSHER

Based on the law of kinetic energy conservation and the law of impulses conservation for hammers of impact centrifugal crusher and a material grain coming into the crushing working zone, the investigation results of limestone after-collision rate towards the impact plate are given. Investigation results have shown the increase of material rate after hammering at combined method of hammers fastening to the rotor axis relative to the hinge.

Key words: material rate in the working zone, hammer crusher, hammers, hammer fastening methods, impact plate.