

УДК 621.789

А.И. Бондарец, канд. техн. наук, доц.,
А.Г. Дербас, канд. техн. наук, доц., **О.В. Чернявская**, ст.
преп., **Л.И. Лаухина**, ст. преп., **С.П. Самошкина**, аспирант
Криворожский технический университет

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНУСНЫХ ДРОБИЛОК С УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ИНТЕНСИФИКАЦИЕЙ

Проведенные теоретические исследования применения ультразвуковых колебаний для дробления позволили обосновать увеличение производительности дробилки от коэффициента трения породы по брони, коэффициента замедления движения породы в потоке и снижения крупности гранулометрического состава дробленой руды.

ультразвуковая интенсификация, конусная дробилка, железная руда, коэффициент трения породы, коэффициент замедления движения породы, увеличение производительности дробилки

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Настоящая работа посвящена проблеме повышения качества технологических показателей конусных дробилок за счет применения ультразвуковой интенсификации. Воздействие ультразвуковых колебаний на вещества и процессы резко отличаются от воздействия других физических факторов. Поэтому требуются прежде всего теоретические исследования влияния ультразвука на повышение эффективности работы конусных дробилок.

Анализ исследований и публикаций. Возможности ультразвука еще не достаточно используются в горнодобывающей промышленности как в Украине, так и за рубежом. Хотя введение ультразвука в рабочую зону дробилки является весьма перспективным направлением. Но до настоящего времени отсутствуют работы в части теоретического обоснования этого метода для конусных дробилок.

Постановка задачи. Теоретически обосновать улучшение грансостава дробленного продукта и увеличение производительности конусной дробилки путем интенсификации разрушения горных пород в ультразвуковом поле.

Изложение материала и результаты. Понятие эффективности работы конусных дробилок среднего и мелкого дробления заключается в снижении крупности дробленного продукта и в повышении производительности по питанию.

Существующие методы снижения крупности дробленого материала путем применения замкнутых циклов, работы конусных дробилок на уменьшенных размерах разгрузочной щели, работа дробилок с использованием принципа динамического дробления при увеличении числа оборотов вала-эксцентрика, а также автоматическое регулирование и поддержание необходимого размера разгрузочной щели дробилки имеют присущие им недостатки, в силу которых проблема снижения крупности дробленого материала остается актуальной и на сегодняшний день.

С этой целью нами разработан новый способ решения проблемы путем интенсификации разрушения горных пород в ультразвуковом поле, который запатентован в изобретении на конусную дробилку [1].

Конусные дробилки для среднего и мелкого дробления имеют параллельную зону длиной « l » и шириной « b » (рис.1). Назначение

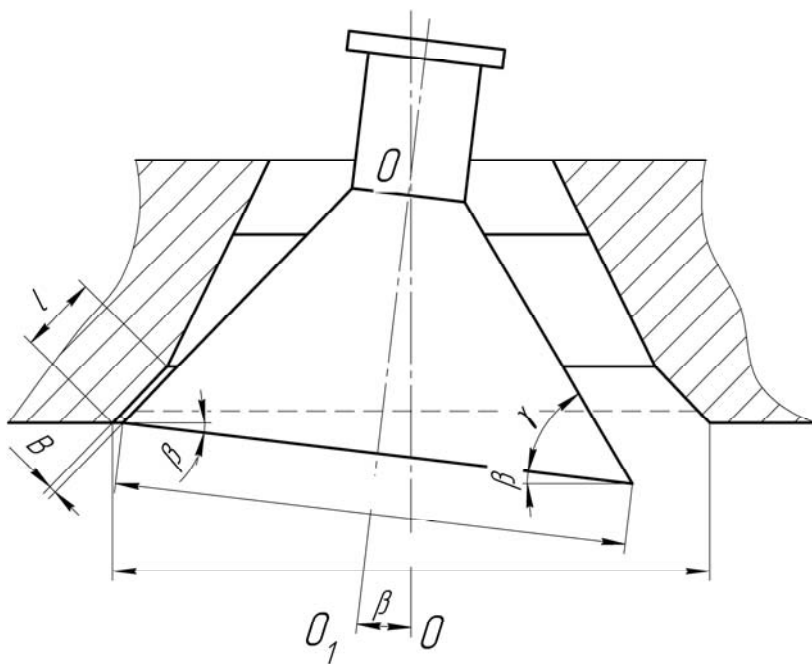


Рисунок 1. Схема дробления породы в конусной дробилке с консольным валом

этой зоны – получение дробленного продукта с размером максимального куса, не превышающего ширины зоны.

Для выполнения этой задачи необходимо, чтобы время прохождения кусками породы параллельной зоны было не меньше времени одного оборота вала-эксцентрика. При этом каждый кусок породы будет зажат в параллельной зоне не менее одного раза. Двигаясь в параллельной зоне, куски

породы скользят по поверхности дробящего конуса, наклоненной к горизонту под переменным углом, меняющимся в пределах от $(\gamma - \beta)$ в месте сближения дробящих поверхностей до $(\gamma + \beta)$ в месте наибольшего их отхода. Здесь γ - угол наклона боковой поверхности дробящего конуса к его основанию; β - угол между осью дробилки и осью дробящего конуса.

Из теории дробления известно выражение для определения объемной производительности конусных дробилок [2].

$$V = \frac{1}{60} \pi \cdot n \cdot b \cdot l \cdot D_C, \text{ м}^3/\text{с} \quad (1)$$

где b - ширина разгрузочной щели, м;

l - длина параллельной зоны, м;

n - число оборотов вала-эксцентрика в минуту;

D_C - диаметр окружности, описываемой центром тяжести прямоугольника, имеющего длину « l » и ширину « b », м.

Выражение (1) получено на основании теоремы Гульдена и предполагает, что за время одного оборота вала-эксцентрика куски породы пройдут путь, равный длине « l » параллельной зоны. Исходя из этой теоремы при конструировании дробилок выбирается длина параллельной зоны.

Однако формула (1) не учитывает всего разнообразия свойств дробимой породы, зависящих от ее состояния (крупность, влажность, содержание включений, крепости и др.), в результате часто фактическая производительность дробилки отличается от расчетной. Целесообразно в формуле (1) длину параллельной зоны « l » (конструктивный параметр) заменить величиной фактического пути, который проходит кусок породы за один оборот вала-эксцентрика:

$$V = \frac{1}{60} \pi \cdot n \cdot b \cdot l_n \cdot D_C, \text{ м}^3/\text{с} \quad (2)$$

Длина « l_n » в данном случае определяется скоростью движения породы в дробящем пространстве v (м/с) и временем между зажатиями кусков $t_{об}$.

$$l_n = v \cdot t_{об}, \text{ м} \quad (3)$$

$$t_{об} = \frac{60}{n}, \text{ с} \quad (4)$$

Подставляя выражения (3) и (4) в (2) получим выражение:

$$V = \frac{1}{60} \pi \cdot n \cdot \frac{60}{n} \cdot v \cdot b \cdot D_C = \pi \cdot v \cdot b \cdot D_C \quad (5)$$

С точностью, достаточной для практических расчетов, можно принять D_C равным диаметру дробящего конуса D у разгрузочной щели.

Тогда
$$V = \pi \cdot v \cdot b \cdot D, \text{ м}^3/\text{с} \quad (6)$$

Как видно из выражения (6) объемная производительность конусной дробилки определяется только одной переменной величиной – скоростью движения породы в дробящем пространстве v , которая в свою очередь зависит от коэффициента трения породы о металл брони f_T и коэффициента замедления кусков породы в сплошном потоке λ .

Известно [3], что ввод ультразвуковых колебаний в зону контакта породы с металлом может уменьшить величину коэффициента трения f_T и, следовательно, увеличить скорость движения породы. Кроме того, под воздействием ультразвуковых колебаний увеличению скорости движения породы также может способствовать увеличение коэффициента λ .

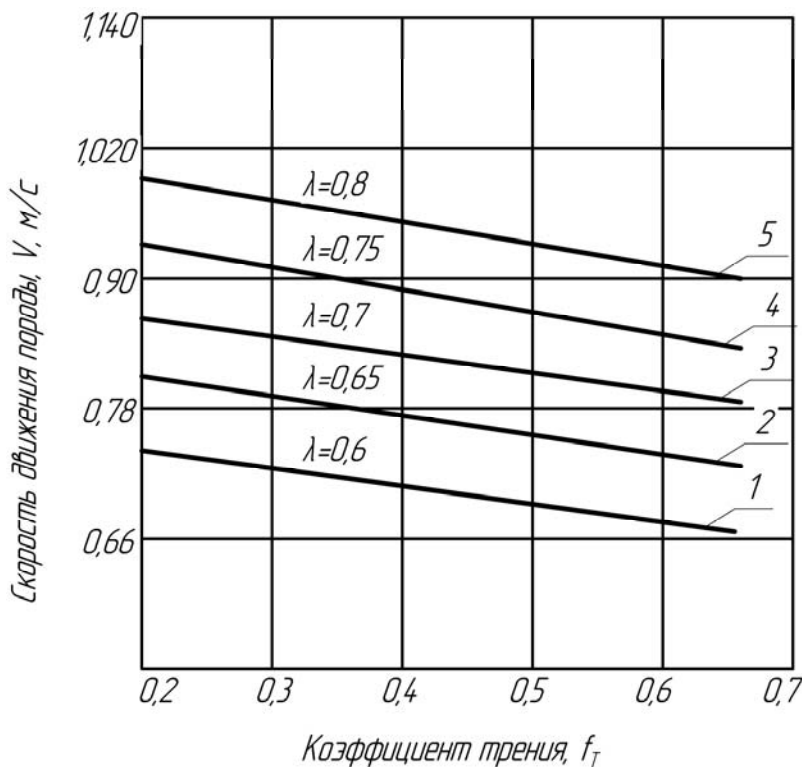


Рисунок 2. Зависимость скорости движения породы от коэффициента трения :

- 1 - при коэффициенте замедления $\lambda = 0,6$
- 2 - при коэффициенте замедления $\lambda = 0,65$
- 3 - при коэффициенте замедления $\lambda = 0,7$
- 4 - при коэффициенте замедления $\lambda = 0,75$
- 5 - при коэффициенте замедления $\lambda = 0,8$

Из этих зависимостей можно установить, что скорость движения породы в дробящем пространстве увеличивается от уменьшения коэффициента трения на 8%, а от увеличения коэффициента замедления на 33%. Общее увеличение скорости движения породы в дробящем пространстве под

В этой связи интересно установить степень влияния каждого фактора в отдельности на величину скорости движения породы. С этой целью построены зависимости скорости движения породы v от коэффициента трения f_T при значениях коэффициента λ равных от 0,6 (без ультразвука) до 0,8 (при максимальной интенсивности ультразвуковых колебаний, которые представлены на рис. 2).

воздействием ультразвуковых колебаний составляет 41%. Следовательно, производительность конусной дробилки с вводом ультразвуковых колебаний также увеличивается на 41% по сравнению с производительностью дробилки, работающей без ультразвуковой интенсификации.

Гранулометрический состав породы, дробимой за один рабочий ход дробящего конуса, является важнейшей технологической характеристикой процесса дробления, определяющей эффективность работы дробилки. При этом вновь образованные фракции характеризуются размером среднего куска и объемом, которые определяются из выражений:

$$d_{Hi} = \frac{d_{\Phi i}}{i_l} \quad \text{и} \quad V_{Hi} = \frac{D_{\Phi i}}{i_o}, \quad (7)$$

где i_l - линейный коэффициент сокращения, равный отношению размера исходного образца d_o к среднему размеру вновь полученной фракции d_H ;

i_o - объемный коэффициент сокращения, показывающий, какую часть исходного объема V_o составляет объем вновь образованной фракции V_H .

Для определения линейного и объемного коэффициентов сокращения i_l и i_o нами проведены экспериментальные исследования по раздавливанию образцов неправильной формы из руд Криворожских ГОКов при статическом их разрушении на прессе без ультразвуковой интенсификации и с наложением ультразвука. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Значение коэффициентов сокращения при разрушении образцов

Коэффициенты сокращения при разрушении без ультразвука				Коэффициенты сокращения при разрушении с ультразвуком			
Объемные		Линейные		Объемные		Линейные	
i_{o1}	i_{o2}	i_{l1}	i_{l2}	i_{o1}	i_{o2}	i_{l1}	i_{l2}
1,5	2,5	1,6	3,2	1,8	3,0	1,9	3,5
1,3	2,0	1,3	2,5	1,5	2,8	1,5	3,0

Анализ приведенных в табл. 1 данных дают основание считать, что ввод ультразвуковых колебаний в зону дробления увеличивает линейный и объемный коэффициенты сокращения на 18...25%.

Таким образом, еще в верхней части дробящего пространства под действием ультразвуковой обработки в продукте будут преобладать куски значительно меньших размеров, чем при дроблении без ультразвука. Остальной путь дробящего пространства вновь образовавшиеся мелкие фракции породы пройдут за более короткое время при меньшем количестве зажатий. Объем породы, подвергающийся дроблению за один оборот эксцентрика, при этом значительно сократится, а следовательно сократится расход электроэнергии.

Продвигаясь вниз по дробящему пространству, куски породы подвергаются повторным зажатиям с наложением ультразвука и их разрушение происходит более эффективно. В конечном дробленном продукте предполагается увеличение количества мелких фракций и уменьшение крупных.

Таким образом, гранулометрический состав продукта дробления, полученного с ультразвуковой интенсификацией, будет более благоприятным для последующего измельчения в шаровых мельницах, чем продукта полученного, полученного без ультразвуковой обработки.

Выводы и направления дальнейших исследований. Проведенными теоретическими исследованиями установлено, что основными факторами, от которых зависит эффективность работы конусной дробилки, является коэффициент трения породы о металл брони и коэффициент взаимного замедления кусков породы в движущемся потоке.

Применение ультразвуковых колебаний для дробления позволяет увеличение производительности дробилки за счет снижения коэффициента трения породы о брони, увеличение коэффициента замедления движения породы в потоке, а также снижение крупности гранулометрического состава дробленной руды.

Дальнейшие исследования должны быть направленные на экспериментальную проверку теоретических положений в лабораторных и промышленных условиях.

Список источников:

1. Конусная дробилка: А.с. / Бондарец А.И., Зверховский Я.Я. (СССР). - №674785; Оpubл. 1979, Бюл. №27 -2 с.
2. Серго Е.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. – К.: Вища шк., 1995. – 240 с.
3. Ямщиков В.С., Коробейников Н.С. Применение ультразвука в горной промышленности. – М.: Недра, 1987. – 50 с.

О.І.Бондарець, А.Г.Дербас, О.В.Чернявська, Л.І.Лаухіна, С.П.Самошкіна. Теоретичні передумови підвищення ефективності конусних дробарок з ультразвуковою інтенсифікацією. Проведені теоретичні дослідження застосування ультразвукових коливань для дроблення дозволили обґрунтувати підвищення продуктивності дробарки від коефіцієнта тертя породи по броні, коефіцієнта уповільнення руху породи в потоці і зниження розміру гранулометричного складу дробленої руди.

ультразвукова інтенсифікація, конусна дробарка, залізна руда, коефіцієнт тертя породи, коефіцієнт уповільнення руху породи, підвищення продуктивності дробарки

A.I. Bondarec, A.G. Derbas, O.V. Chernyavska, L.I. Laukhina, S.P. Samoshkina. Theoretical pre-conditions of increase of efficiency of cone crushers are with ultrasonic intensification. Theoretical researches of application of ultrasonic vibrations are conducted for crushing allowed to ground the increase of the productivity of crusher from the coefficient of friction of breed on an armour, coefficient of deceleration of motion of breed in a stream and decline of size of particle-size of the crushed ore.

ultrasonic intensification, cone crusher, iron-stone, coefficient of friction of breed, coefficient of deceleration of motion of breed, increase of the productivity of crusher

Стаття надійшла до редколегії 09.09.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.С. Рудь

© О.І. Бондарець, А.Г. Дербас, О.В. Чернявська,
Л.І. Лаухіна, С.П. Самошкіна, 2010