

ГАЗОДЕТОНАЦИОННЫЕ МЕЛЬНИЦЫ

А. Е. Войтенко, В. П. Мелихов

Национальный горный университет, Днепропетровск

Надійшла до редакції 28.03.06

Резюме: В статье рассмотрены отличительные особенности и принцип действия газодетонационных мельниц. Приведены параметры лабораторной установки и характеристики измельчения различных материалов.

Ключевые слова: взрыв газа, измельчение, газодетонационная мельница, энергосбережение.

А. О. Войтенко, В. П. Меліхов. ГАЗОДЕТОНАЦІЙНІ МЛИНИ.

Резюме: У статті розглянуто відмітні особливості і принцип дії газодетонаційних млинів. Наведено параметри лабораторної установки і характеристики подрібнення різних матеріалів.

Ключові слова: вибух газу, подрібнення, газодетонаційний млин, енергозбереження.

A. E. Voytenko, V. P. Melikhov. GAS-DETONATION MILLS.

Abstract: Distinctive features and principle of action of gas-detonation mills are considered. The parameters of the laboratory setting and description of growing shallow of different materials are resulted.

Keywords: explosion of gas, growing shallow, gas-detonation mill, economy of energy.

Использование принципа газодетонационного измельчения в мельницах [1] предложено сравнительно недавно. К настоящему времени проведены работы по созданию конструктивных схем, исследованию и оптимизации параметров и режимов работы этих устройств [2–5]. Разработана математическая модель ускорения частиц измельчаемого материала, по которой рассчитан ряд вариантов типоразмеров мельниц [6, 7].

Газодетонационная мельница состоит из следующих основных узлов:

- камеры сгорания со штуцером для подачи газовой смеси и свечой зажигания;

- секции загрузки измельчаемого материала;
- ускорительной секции (ствола);
- секций измельчения и разгрузки.

После детонации газовой смеси (горючее + окислитель) в камере сгорания расширяющиеся продукты взрыва разгоняют частицы измельчаемого материала в ускорительной секции до нескольких десятков или сотен метров в секунду. Затем в секции измельчения при соударении частиц с преградой происходит их дезинтеграция на более мелкие фрагменты, которые поступают в узел разгрузки. Из горючих газов могут использоваться про-

пан-бутан, метан, природний газ, водород, а из окислителей – кислород и воздух.

Главная особенность газодетонационной мельницы состоит в полном отказе от использования электроэнергии для процесса измельчения. Необходимая энергия выделяется непосредственно при детонационном горении взрывчатой газовой смеси, что исключает традиционные стадии преобразования и передачи на расстояние энергии, полученной в результате сжигания газа, начиная от топки парового котла на электростанции и кончая электродвигателем механической мельницы. Это обстоятельство создает потенциальную возможность существенного снижения стоимости измельчения.

На кафедре горных машин Национального горного университета Украины для исследований разработана лабораторная газодетонационная мельница (МГДЛ-1), состоя-

щая из камеры сгорания объемом 3 дм³, бункера загрузки измельчаемого материала и ствола внутренним диаметром 45 мм и длиной 2,5 м. Секция измельчения представляет собой вертикально расположенный стальной цилиндр объемом около 150 дм³ с установленной в нем плоской стальной отбойной плитой. К нижнему торцу этого цилиндра крепится узел разгрузки в виде конуса, заканчивающегося съемным цилиндрическим накопителем для измельченного материала. Система автоматического управления позволяет вести процесс измельчения со скоростью до 10 циклов в минуту. В результате исследований получены предварительные зависимости характеристик измельчения гранита, туфа, кварцевого песка, циркониевого концентрата и магнетитовых кварцитов от скорости соударения частиц со стальной отбойной плитой и энергии взрыва смеси пропана

Таблица. Экспериментальные характеристики газодетонационного измельчения

М	E_0	u	D	d	ΔS	$E_0/\Delta S$	ΔS_y	$\Delta V/V, \%$		
								– 0,63 мм	– 0,2 мм	– 0,063 мм
–	кДж	м/с	мм	мм	м ²	кДж/м ²	м ² /дм ³	– 0,63 мм	– 0,2 мм	– 0,063 мм
Г	10	200	4	0,23	0,51	19,6	23	39	18	6,8
Г	20	180	4	0,19	0,66	30,3	31	44	21	9,4
Г	20	120	4	0,31	0,80	25,0	17	30	13	4,9
Г	20	90	4	0,43	0,85	23,5	12	21	–	3,4
Т	20	100	4	0,15	2,27	8,8	35	46	29	13,0
КП	20	230	0,26	0,10	0,78	25,6	27	–	56	16,0
ЦК	20	260	0,11	0,05	0,47	42,6	54	–	–	38
МК	50	50	2,70	0,16	1,48	33,8	32	31	21	11

Примечание 1: М – материал, Г – гранит, Т – туф, КП – кварцевый песок, ЦК – циркониевый концентрат, МК – магнетитовый кварцит

Примечание 2: E_0 – энергия взрыва газовой смеси; u – скорость соударения материала с преградой; m – масса измельченного материала; Δm , ΔV – масса и объем узкого класса крупности материала; V – объем материала; D – средний размер куса исходного материала; d – средний размер куса измельченного материала; d_k – средний размер куса узкого класса крупности материала; ΔS – образованная в результате измельчения поверхность; ΔS_y – удельная поверхность (на единицу объема монолитного материала), образованная в результате измельчения; S – поверхность измельченного материала; S_0 – поверхность исходного материала; ρ – плотность вещества исходного материала

с кислородом. Последняя определялась расчетным путем по удельному тепловыделению 2,05 МДж/моль при детонации стехиометрической смеси указанных газов; скорость соударения определялась по отклонению баллистического маятника, в качестве которого использовалась секция измельчения, закрепленная на подвесе. Масса ускоряемой порции материала находилась в пределах 60–200 г. Полученные результаты представлены в таблице. В примечаниях 1, 2 к таблице описаны обозначения величин, используемых как в таблице, так и в формулах (1)–(3).

Характеристики газодетонационного измельчения, приведенные в таблице, рассчитывались на основании экспериментальных данных по формулам:

$$d = \frac{m}{\sum \frac{\Delta m}{d_k}} ; \quad (1)$$

$$\Delta S = \frac{S - S_0}{m / \rho} ; \quad (2)$$

$$V = \frac{m}{\rho} ; \quad \Delta V = \frac{\Delta m}{\rho} . \quad (3)$$

Проведенными экспериментальными исследованиями установлено:

1. В результате однократного соударения гранита с преградой средний размер куска уменьшается с 4 до 0,19–0,24 мм при скорости соударения 160–190 м/с, а кварцевого песка – соответственно с 0,26 до 0,1 мм при скорости около 230 м/с.
2. В исследованном диапазоне скоростей соударения измельчаемого материала с мишенью (80–250 м/с) увеличение скорости удара материала в два раза повышает выход мелких фракций в 2–3 раза.
3. Уменьшение скорости вылета кусков измельчаемого материала из ствола (при заданных конструктивных параметрах камеры сгорания и ствола) ведет к снижению КПД взрыва. Это обусловлено тем, что с увеличением времени разгона кусков возрастает та часть энергии взрыва, которая в виде тепла поглощается стенками ствола и камеры сгорания.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Войтенко А. Е.** Перспектива применения детонационно-газового измельчения. // Тез. докл. междунар. конф. "Современные пути развития горного оборудования и технологий переработки минерального сырья". – Днепропетровск, 1996. – С. 35.
2. **Войтенко А. Е., Мелихов В. П.** Эксперимент по газодетонационному измельчению минерального сырья. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – Днепропетровск, 1977. – № 1 (специальный выпуск). – С. 40.
3. **Войтенко А. Е., Ганкевич В. Ф., Мелихов В. П.** Принцип действия и конструктивная схема газодетонационной мельницы. // Тез. докл. междунар. конф. "Современные пути развития горного оборудования и технологий переработки минерального сырья", посвященная 60-летию кафедры горных машин Национальной горной академии Украины. – Днепропетровск, 1997. – С. 28.
4. **Войтенко А. Е., Ганкевич В. Ф., Мелихов В. П.** Экспериментальные исследования газодетонационного измельчения. // *Обогащение полезных ископаемых: научн.-техн. сб.* – 1998. Вып. 1 (42). – С. 40.
5. **Войтенко А. Е., Ганкевич В. Ф., Горобец Л. Ж., Мелихов В. П.** Газодинамические мельницы и их особенности. // *Науковий вісник НГАУ*. – 1999. – № 2. – С. 108.
6. **Мелихов В. П.** Модель ускорения материала в газодетонационной мельнице. // *Науковий вісник НГАУ*. – 2001. – № 6. – С. 67.
7. **Мелихов В. П.** Выбор параметров газодетонационных мельниц // *Науковий вісник НГАУ*. – 2002. – № 5. – С. 54.