

□ Авторы статьи:

Плотников
Евгений Анатольевич
- аспирант
КузГТУ

Дырдин
Валерий Васильевич
- докт.техн.наук, проф.зав.
каф. физики

Тащиенко
Виктор Прокопьевич
- докт.техн.наук, зам. ген. дирек-
тора «Кузбассшахтестрой»

Елкин
Иван Сергеевич
- канд.техн.наук, доц. каф.
физики

УДК 519. 21

А.В. Бирюков

О ДРОБЛЕНИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

При дроблении твердого тела образуется $N(T)$ частиц с суммарной площадью поверхности $F(T)$. С увеличением времени дробления T функции $N(T)$ и $F(T)$ монотонно возрастают.

Обозначим через E расход энергии на процесс дробления в единицу времени, а через A - энергоёмкость дробления, равную количеству энергии, затрачиваемой на образование единицы площади новой поверхности. Тогда имеет место соотношение

$$H \cdot E \cdot T = A \cdot F(T),$$

где величина H выступает в роли коэффициента полезного действия процесса дробления.

Пусть X , S , V - соответственно диаметр (наибольший линейный размер), площадь поверхности и объем частицы, а C - мера ее сферичности, которую определим как

$$C = XS / V.$$

Наименьшее значение этой величины, равное шести, соответствует частицам, являющимся шарами. Для продуктов дробления твердых тел, как показывают результаты измерений, мера сферичности частиц обладает незначительной вариацией с центром рассеяния $C = 9$.

Диаметр случайно выбранной частицы есть случайная величина с неким законом распределения (обозначим первые его моменты как M_1 , M_2 , M_3).

Площадь поверхности и объем частицы в среднем пропорциональны квадрату и кубу ее диаметра, т. е.

$$S = PX^2, \quad V = QX^3.$$

Из определения меры сферичности частицы $P/Q = C$. Пусть G - суммарный объем частиц, т.е. объем исходного тела, подвергающегося дроблению. Тогда имеем уравнения

$$G = QM_3 N(T),$$

$$F(T) = PM_2 N(T),$$

из которых непосредственно следует, что

$$F(T) = C \cdot G \cdot M_2 / M_3.$$

Для диаметра частиц постулируем равномерное распределение на отрезке от нуля до $X(T)$, где правая граница крупности частиц $X(T)$ является монотонно убывающей функцией времени дробления. В этом случае

$$M_1 = X(T)/2,$$

$$M_2 = X^2(T)/3,$$

$$M_3 = X^3(T)/4.$$

Отсюда при $C = 9$ находим суммарную площадь поверхности частиц:

$$F(T) = 12G/X(T).$$

Таким образом, модель процесса дробления принимает вид:

$$H \cdot E \cdot T = 12 AG/X(T).$$

Убывающую функцию $X(T)$ аппроксимируем гиперболической зависимостью

$$X(T) = X(0)/(1+T),$$

где $X(0)$ - диаметр исходного тела. Следовательно,

$$H \cdot E \cdot T = 12 AG(1+T)/X(0).$$

Как видим, обе части этого равенства являются линейными функциями времени. Следует отметить, что приведенная модель процесса оказывается правомерной лишь до некоторой степени измельчения частиц, начиная с которой энергоёмкость дробления и коэффициент полезного действия процесса становятся зависящими от времени. Однако такая ситуация соответствует размерам частиц, сопоставимым с размерами кристаллов, и практически не достигается.

Как частный случай, рассмотрим взрывное дробление породного массива. В этом случае уравнение баланса энергии представим в виде

$$H \cdot B \cdot R = A \cdot F,$$

где H - коэффициент полезного (дробящего) действия взрыва; B - удельный расход взрывчатых веществ, кг/м³; R - энергетический потенциал взрывчатых веществ, КДж/кг; A - энергоёмкость дробления, КДж/м²; F - удельная (в единицах объема) площадь поверхности частиц, м²/м³.

Для промышленных взрывов среднее значение приведенных характеристик составляют: $B=0.8$; $R=1000$; $A=10$; $F=5$. При этом среднее значение коэффициента полезного действия взрыва равно 6%.

□ Автор статьи:

Бирюков
Альберт Васильевич
- докт.техн.наук,
проф., зав.каф высшей математики