

**А.В.АЛИКИН**, аспирант, prince6705@yandex.ru  
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

**A.V.ALIKIN**, post-graduate student, prince6705@yandex.ru  
Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ СЕПАРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГРАНСОСТАВА ПОСЛЕ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ В КОНУСНОЙ ИНЕРЦИОННОЙ ДРОБИЛКЕ

Предложена методика, позволяющая получить уравнение, прогнозирующее гранулометрический состав материала после дезинтеграции в конусной инерционной дробилке. Однако данная методика имеет два ограничения. Первое ограничение – материал имеет одинаковую твердость. Второе ограничение – конечный грансостав зависит лишь от параметров конусной инерционной дробилки.

**Ключевые слова:** конусная инерционная дробилка, грансостав, прогнозирующее уравнение

## THE USING OF SEPARATING PROCESSES THEORY FOR PREDICTION OF GRANULOMETRIC COMPOSITION AFTER DISINTEGRATION IN CONE INERTIAL CRUSHER

The method, which allows deriving equation for prediction of granulometric composition of crushed material in cone inertial crusher. However this method has two limitations. The first limitation is constant hardness of material. The second limitation is end granulometric composition depends only from parameters of cone inertial crusher.

**Key words:** cone inertial crusher, granulometric composition, equation for prediction.

Наибольшее влияние на все параметры обогащения руд оказывают рудоподготовительные процессы и именно здесь возможно наибольшее снижение себестоимости получения конечных продуктов [2].

В процессах обогащения минерального сырья до 70 % энергии расходуются на рудоподготовку, из которых 30 % энергии приходятся на дробление руды. Стоимость дробления составляет 35-40 % общей стоимости обогащения руд, а стоимость дробильных устройств – до 60 % стоимости оборудования обогатительной фабрики [7].

Конусные инерционные дробилки отличаются повышенной степенью сокращения материала, возможностью широко регулировать конечный грансостав материала по сравнению со стандартными дробилками [3]. Од-

нако при ручном регулировании параметров дробилки возможен вылет подшипников и нестабильная работа дробилки при пуске и остановке. Поэтому крайне важна разработка теоретических методов прогноза конечного грансостава после дезинтеграции в КИД.

Существует косвенный теоретический метод определения гранулометрического состава руд после дезинтеграции в КИД, основанный на изучении взаимосвязи фрактальных свойств поверхностей раскола горных пород с кинематическими и динамическими параметрами дробилки. Но этот метод не предполагает получение уравнения, связывающего конечный грансостав и параметры дробилки [1].

О.Н.Тихонов предложил гранулопрочностное уравнение кинетики разрушения

полиминерального сырья, состоящего из минералов, твердость которых по шкале Протоdjяконова примерно одинакова [5, 6]:

$$\frac{\partial \gamma(l, t)}{\partial t} = \int_l^{l_{\max}} q_{\text{отн}}(R, l) \gamma dR - \int_0^l q_{\text{отн}}(l, r) \gamma dr, \quad (1)$$

где  $\gamma(l, t)$  – дифференциальное распределение по крупности  $l$ , мм, в момент времени  $t$ , с;  $q_{\text{отн}}(R, l)$  – относительный поток материала из крупной  $R$  в текущую фракцию  $l$ , мм;  $q_{\text{отн}}(l, r)$  – относительный поток материала из расчетной  $l$  в мелкую фракцию  $r$ , мм;  $q_{\text{отн}}$  – м/(ч·мм).

Относительный поток определяется, как произведение функций отбора и разрушения и связан с абсолютным потоком  $Q$  (м/ч) соотношением [6]:

$$Q = \int q_{\text{отн}} dl. \quad (2)$$

Физический смысл уравнения (1) состоит в том, что скорость изменения доли узкого класса равна разности притока в него из более крупных классов и оттока из него в более мелкие классы.

Существует обобщение уравнения (1) на случай сырья, состоящего из минералов различной твердости, по сути это переход от интеграла первого порядка к интегралу второго порядка. Однако если принять твердость постоянной, то общее уравнение сводится к уравнению (1). То есть первое допущение – твердость материала постоянна.

Например, Каменногорское месторождение представлено гнейсо-гранитами и гнейсами ровненской толщи и гнейсами ладожской серии. Переход от одного типа пород к другому является равномерным, кроме того, гнейсо-граниты и гнейсы обладают близкими физико-механическими свойствами, в частности твердостью [4]. Следовательно, для некоторых типов руд данное допущение имеет смысл.

Второе допущение относится к аппарату и заключается в том, что абсолютный поток материала при дезинтеграции, а следовательно и конечный грансостав зависит лишь показателей аппарата и не зависит от начальной крупности  $R$  и конечной крупно-

сти  $r$ . Безусловно, это идеализация, но на практике это допущение означает, что, варьируя параметры аппарата (дробилки, мельницы, дезинтегратора) можно регулировать конечный грансостав в широких пределах.

Переводя на математический язык, второе допущение получаем:

$$\int q_{\text{отн}}(R, l) dR = \int q_{\text{отн}}(l, r) dr = Q. \quad (3)$$

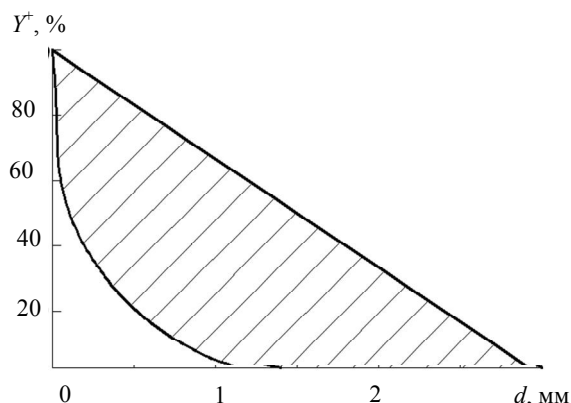
На базе НПК «Механобр-Техника» [3] проводились испытания влияния частоты качаний дробящего конуса и центробежной силы, развиваемой дебалансом грансостав материала после дезинтеграции в конусной инерционной дробилке.

Из рисунка видно, что гранулометрический состав при использовании КИД можно менять в широких пределах, варьируя лишь частоту качаний подвижного конуса и центробежную силу, развиваемую дебалансом. Второе допущение также является верным.

Проинтегрируем уравнение (3) по  $l$  от 0 до  $l$ .

$$\int_0^l \frac{\partial \gamma}{\partial t} = \int_0^l dr \left( \int_l^{l_{\max}} q_{\text{отн}}(R, l) \gamma dR - \int_0^l q_{\text{отн}}(l, r) \gamma dr \right).$$

Показатель  $\gamma$  – дифференциальное распределение по крупности, связан с суммарным выходом по минусу  $Y^-$ , % соотношением:



Пределы варьирования гранулометрического состава дробленого продукта в КИД-300  
 $Y^+$  – суммарный выход по плюсу, %;  
 $d$  – крупность материала, мм

$$Y^- = \int_0^l \gamma dr. \quad (4)$$

Поэтому

$$\frac{\partial Y^-}{\partial t} = \int_0^l dr \left( \int_l^{l_{\max}} q_{\text{омн}}(R, l) \gamma dR - \int_0^l q_{\text{омн}}(l, r) \gamma dr \right).$$

Используем второе допущение, уравнение примет вид:

$$\frac{\partial Y^-}{\partial t} = \int_0^l q_{\text{омн}}(l, r) dr \left( \int_l^{l_{\max}} \gamma dr - \int_0^l \gamma dr \right);$$

$$\frac{\partial Y^-}{\partial t} = Q \left( \int_l^{l_{\max}} \gamma dr - \int_0^l \gamma dr \right).$$

Исходя из того, что весь материал при дезинтеграции от крупности  $l_{\max}$  до крупности  $l$  переходит в мелкую фракцию размером  $r$  можно применить следующее правило нормирования:

$$\int_l^{l_{\max}} \gamma dr = 1. \quad (5)$$

Поэтому получаем

$$\frac{\partial Y^-}{\partial t} = Q(1 - Y^-).$$

Перейдем к суммарному выходу по плюсу  $Y^+$  (%) подстановкой  $Y^- = 1 - Y^+$ , получим уравнение:

$$\frac{\partial Y^+}{\partial t} = -QY^+. \quad (6)$$

Данное уравнение имеет аналитическое решение:

$$Y^+(l, t) = Y^+(l, 0) \exp(-Q(l)t). \quad (7)$$

В заключение следует сказать, что абсолютный поток материала во фракцию крупностью  $l$  можно определить экспериментально. В частности Загустин А.И. в опытах измельчения кварца в лабораторных условиях установил линейную зависимость абсолютного потока от крупности [6].

При некоторых допущениях гранулопрочностное уравнение кинетики разрушения можно свести к простой экспоненциальной зависимости, параметры которой достаточно легко определяются экспериментом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаев Р.М. Обоснование рациональных параметров конусной инерционной дробилки для получения заданного гранулометрического состава продуктов дробления: Автореф. дис... канд. техн. наук. СПбГИ (ТУ). СПб, 2005.
2. Биленко Л.Ф. О предварительном разупрочнении руд и принципах селективного раскрытия минералов // Обогащение руд. 1997. № 5.
3. Вайсберг Л.А. Вибрационные дробилки. Основы расчета, проектирования и технологического применения / Л.А.Вайсберг, Л.П.Зарогатский, В.Я.Туркин // ВСЕГЕИ. СПб, 2004.
4. Вохменцев А.Я. Рукотворное месторождение Каменногорска // Минерал. № 2. М., 1999.
5. Тихонов О.Н. Закономерности эффективного разделения минералов в процессах обогащения полезных ископаемых. М.: Недра, 1984.
6. Тихонов О.Н. Теория и практика комплексной переработки полезных ископаемых в странах Азии, Африки и Латинской Америки. М.: Недра, 1989.
7. Чантурия В.А. Современные проблемы обогащения минерального сырья в России // Институт проблем комплексного освоения недр РАН. М., 2008

#### REFERENCES

1. Babayev. R.M. Abstract of a thesis. Substantiation of rational parameters of inertia cone crusher for a given size distribution of products of fragmentation. Publishing house of the Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University). Saint Petersburg, 2005.
2. Bilenko L.F. On the preliminary softening of ores, the principles of selective mineral disclosure // The enrichment of ores. Saint Petersburg, 1997. № 5.
3. Vaysberg L.A. Vibrating crushers / L.A.Vaysberg, L.P.Zarogatsky, V.Ya.Turkin. VSEGEI. Saint Petersburg, 2004.
4. Vohmentsev A.Ya. Man-made deposit Kamennogorsk // Mineral. № 2. Moscow, 1999.
5. Tikhonov O.N. Regularities effective separation of minerals in the processes of mineral processing. Moscow: Nedra, 1984.
6. Tikhonov O.N. Theory and practice of complex processing of mineral resources in Asia, Africa and Latin America / O.N.Tikhonov, J.P.Nazarov. Moscow: Nedra, 1989.
7. Chanturia V.A. Modern problems of mineral processing in Russia // Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Sciences. Moscow, 2008.