

УДК 622.73

А.С. Выскребенец, М.В. Гегелашвили

**ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ
ДРОБИЛЬНО-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ
НА БАЗЕ СПОСОБА ДИНАМИЧЕСКОГО
САМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ**

Приведены результаты работы мельницы динамического самоизмельчения на углеродистых материалах, разработана конструкция дробильно-измельчительной установки с целью получения продуктов тонкого помола и зерновых фракций.

Ключевые слова: дробление, мельница динамического самоизмельчения, рудное сырье, зерновые фракции.

Семинар № 21

**A.S. Viskrebenets, M.V. Gegelashvili
THE JUSTIFICATION AND
CHOOSING THE PARAMETERS OF
CRUSHING AND GRINDING
MECHANISM ON THE BASE OF
DYNAMIC AUTOGENOUS MILLING**

The results of the grinder of dynamic autogenous milling on the carbonic materials are given; the construction of crushing and grinding mechanism for small grinding and grading fraction are developed.

Key words: ragging, autogenous dynamic tumbling mill, crude ore, grain fraction.

Процессы дробления и измельчения материалов занимают важное место в различных отраслях производственной деятельности. Особенно важную роль дробление и измельчение играет в горно-рудной и угольной промышленности при обогащении полезных ископаемых, в цветной и черной металлургии при подготовке шихтовых материалов, при производстве электродов, в топливно-энергетическом комплексе, в производстве строительных и химических материалов. Дроблению и измельчению ежегодно подвергаются

миллионы тонн материалов, потребляя при этом порядка 10 % производимой в мире электроэнергии.

Одним из современных направлений в технике измельчения материалов является разработанный в Северо-Кавказском горно-металлургическом институте способ динамического самоизмельчения и создаваемые на его основе мельницы динамического самоизмельчения типа МАЯ (мельница А. Ягупова), которые относятся к классу центробежных мельниц. Отличительной особенностью мельниц МАЯ является интенсивное динамическое воздействие на разрушаемый материал, вызывающее его самоизмельчение.

Из анализа работы мельницы динамического самоизмельчения на углеродистых материалах следует отметить ее высокую эффективность по сравнению с существующим измельчительным оборудованием. Это прежде всего большая удельная производительность (1,5 ÷ 2, 5 раза); меньший удельный расход энергии (2 ÷ 3 раза); значительно меньший удельный износ металла рабочих органов по сравне-

нию с шаровыми барабанными мельницами.

Несмотря на вышеизложенное, существенным технологическим недостатком мельницы МАЯ является переизмельчение материала (табл. 1) и невозможность получения зерновых фракций требуемого состава.

К конструктивному недостатку следует отнести отсутствие механизма регулирования гранулометрическим составом продукта измельчения.

С целью получения продуктов тонкого помола и зерновых фракций разработана конструкция дробильно-измельчительной установки (ДИУ) на базе способа динамического самоизмельчения, которая сочетает процесс динамического самоизмельчения и процесс дробления материала в кольцевом пространстве переменного профиля. Кроме того, в конструкции имеется узел статора, изменяя положение которого можно регулировать, в широком диапазоне, фракционный состав продукта измельчения и соотношения фракций. Это позволяет настраивать мельницу для работы на материалах различной прочности.

Это обстоятельство особенно важно при подготовке шихты в электродной промышленности, при окомковании рудного сырья, переработке отходов гравитационного обогащения в угольной промышленности. Получение широкого фракционного состава стало возможным благодаря сочетанию в одной установке процессов дробления и динамического самоизмельчения.

Дробильно-измельчительная установка (рис. 1) [2] состоит из вертикально расположенного цилиндрического корпуса 1 с соосно установленным в нем валом 2, на котором закреплен чашеобразный ротор 3 со съемным кольцом 4. В верхней части вала крепится шкив 5 клиноременной

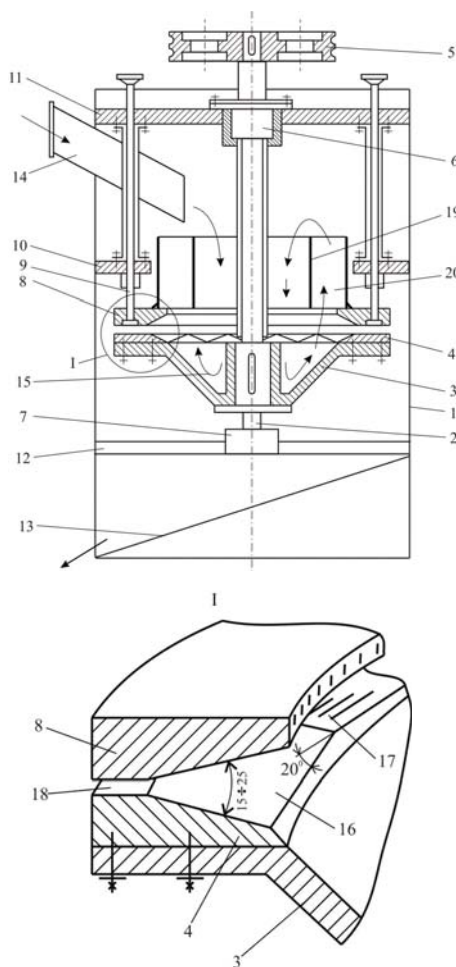


Рис. 1. Дробильно-измельчительная установка (ДИУ)

передачи. Вал 2 ротора установлен на подшипниковые опоры верхнюю 6 и нижнюю 7. Регулировочное кольцо 8 установлено на трех винтовых домкратах 9, которые крепятся к корпусу 1 посредством кронштейнов 10. Верхняя подшипниковая опора 6 опирается на траверсу 11, нижняя подшипниковая опора 7 – на траверсу 12. В нижней части корпуса имеется разгрузочный лоток 13, в верхней части – загрузочный патрубок 14. Чаша ротора имеет форму перевернутого полого усеченного конуса,

Таблица 1

Гранулометрический состав продукта измельчения при работе мельницы в оптимальных режимах на различных по прочности материалах

Классы, мм	Процентное содержание классов				
	требуемый состав	кокс нефтяной	термо-антрацит	кокс пековый	использованный катод
-8+1	36	38,2	32,0	28	16,8
-1+0,5	28	26,3	24,7	12,8	15,1
-0,5+0,16	26	18,4	22,4	23,8	30,7
-0,16+0	10	12,1	17,2	25,3	29,6
+8	0	5,0	3,7	10,1	7,8

внутри которого равномерно установлены шесть вертикальных радиальных ребер 15. Съемное кольцо 4 сопряжено с рабочей поверхностью ротора 3 наклонной волнообразной поверхностью в окружном направлении образуют ряд полостей дробления 16 и полостей выгрузки 17, которые заканчиваются в радиальном направлении разгрузочной щелью 18.

Окатанные частицы материала, которые неэффективно измельчаются в активной зоне самоизмельчения, под действием центробежной силы попадают в полости дробления 16, где происходит их разрушение.

Параметрами полостей дробления (рис. 2) являются: центральный угол камеры дробления, угол подъема калибрующего кольца, максимальный угол опускания нижней кромки камеры дробления, максимальная высота камеры дробления. Число камер дробления, определено исходя из силового взаимодействия частицы, находящейся в кольцевой щели и физико-механических характеристик исходного материала. Анализ показывает, что размеры и форма камер дробления ограничиваются допустимым углом захвата и силам внешнего трения.

Пропускная способность кольцевого зазора с камерами дробления рассчитана на основе уравнения неразрывности потока, применяемого в теории сплошных сред. Примени-

тельно к рассматриваемому случаю такое уравнение записано в следующем виде

$$Q = v_{cp} F_{щели} \psi \rho_m, \quad (1)$$

где v_{cp} – средняя скорость движения материала в радиальном направлении; $F_{щели}$ – площадь поперечного сечения кольцевой щели в расчетном сечении; ψ – коэффициент заполнения поперечного сечения; ρ_m – плотность измельчаемого материала.

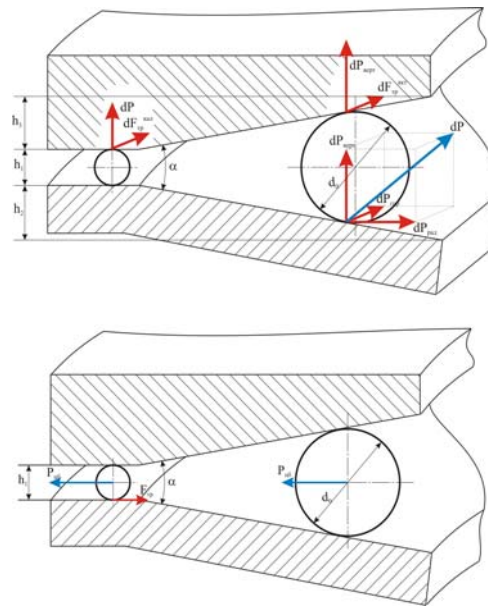


Рис. 2. Силы, действующие на частицу в полости дробления

Крутящий момент сопротивления вращению ротора, вызванный процессами дробления в кольцевой щели дробильно-измельчительной установки, может быть определен на основе анализа силового взаимодействия продуктов размола с нижней подвижной поверхности камер дробления (рис. 2).

Среднее эффективное давление на разрушаемый в кольцевом зазоре материал

$$p_c = 2,4 \frac{\sigma_{сж}}{300} \frac{D}{2r}, \quad (2)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности измельчаемого материала на сжатие, МПа; D – наружный диаметр конуса чаши; r – текущая координата.

Действие силы нормального давления будет двояким. В активной зоне кольцевого зазора эта сила будет отклонена от вертикали. Это означает, что ее проекция в горизонтальной плоскости на направление, противоположное вращению ротора, будет отличаться от нуля, и непосредственно будет препятствовать вращению. Вертикальная составляющая силы нормального давления через слой дробимого материала передается на неподвижное калибрующее кольцо, вызывая появление на нем силы трения, которая в свою очередь также будет препятствовать вращению ротора. В калибрующем зазоре сила нормального давления будет направлена вертикально, и противодействовать вращению будет только сила трения.

Момент в кольцевой щели

$$M = M_{сop} + M_{тр}, \quad (3)$$

где $M_{гор}$ – крутящий момент от действия горизонтальной составляющей элементарной силы нормального давления; $M_{тр}$ – крутящий момент от действия силы трения на верхней кромке калибрующей зоны.

Полный крутящий момент от действия горизонтальной составляющей элементарной силы нормального давления

$$\begin{aligned} M_{сop} &= Z \int_0^{\frac{\gamma}{2}} \int_{\frac{D}{2}}^{\frac{D_1}{2}} dM_{сop} = \\ &= 2,4 \frac{\sigma_{сж}}{300} \frac{D}{2} Z \int_0^{\frac{\gamma}{2}} \int_{\frac{D}{2}}^{\frac{D_1}{2}} \frac{q}{\sqrt{p^2 + q^2 + 1}} r dr d\varphi, \end{aligned} \quad (4)$$

где z – число камер дробления; r – текущая координата; γ, φ – текущие значения углов наклона нормали к вертикальной оси и горизонтальной плоскости; p, q – значения производных.

Вертикальная составляющая элементарной силы нормального давления

$$\begin{aligned} dP_{верт} &= dP \cos \gamma_0 = \\ &= 2,4 \frac{\sigma_{сж}}{300} \frac{D}{2} \frac{1}{\sqrt{p^2 + q^2 + 1}} dr d\varphi, \end{aligned} \quad (5)$$

Крутящий момент от действия силы трения

$$\begin{aligned} M_{тр} &= 2,4 \frac{\sigma_{сж}}{300} \frac{D}{2} f \times \\ &\times \left[\left(Z \int_0^{\frac{\gamma}{2}} \int_{\frac{D}{2}}^{\frac{D_1}{2}} \frac{1}{\sqrt{p^2 + q^2 + 1}} r dr d\varphi \right) + \right. \\ &\left. + \pi \frac{2 h_1 D_1 - h_1^2}{4} \right], \end{aligned} \quad (6)$$

где f – коэффициент трения; h_1 – высота разгрузочной щели.

Для проведения расчетов была составлена в среде «MATHCAD 12» программа расчета применительно к дробильно-измельчительной установке ДИУ-К-6.

В общем виде крутящий момент на валу ротора, кроме момента на дробление в кольцевой щели, будет расходоваться на преодоление сил трения между слоями материала, на сообщение материалу вращательного движения и преодоления сил трения в подшипниковых опорах [3].

Частота вращения ротора [4] определена из условия активной циркуляции

Таблица 2

Показатели промышленной эксплуатации дробильно-измельчительной установке ДИУ-К-6

Наименование	Размерность	Значение
Производительность		
кокс нефтяной	т	6,03
кокс пековый	т	4,47
термоантрацит	ч	5,49
использованные катоды		4,3
Удельный расход энергии		
кокс нефтяной	кВт·ч	4,7
кокс пековый	т	6,7
термоантрацит	т	5,2
использованные катоды		6,9
Удельный износ металла для пекового кокса	г/т	14
Удельная металлоемкость при работе на термоантраците	т·ч/т	0,5

материала в вертикальной плоскости и разрушения частицы материала, выброшенной чашеобразным ротором в активную зону разрушения.

$$\omega = \sqrt{\frac{2g \left(1 + \frac{H}{d}\right) [h + 0,5 \kappa (R + r_{cm})]}{R^2 - r_{cm}^2}} \cdot n_{\sigma}, \quad (7)$$

Промышленные испытания дробильно-измельчительной установки проводились в оптимальных скоростных режимах и оптимальном давлении

столба материала на различных по прочности материалах (кокс нефтяной, термоантрацит, кокс пековый и др.).

В результате управлять фракционным составом продуктов измельчения стало возможным с помощью изменения величины разгрузочной щели и положения статора относительно чашеобразного ротора, независимо от прочности измельчаемого материала.

Результаты промышленных испытаний сведены в табл. 2

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хетагуров В. Н., Выскребенец А. С., Гегелашвили М. В., Клыков Ю. Г., Каменицкий Е. С. Разработка, исследование и внедрение мельниц МАЯ. Труды Северо-Кавказского горно-металлургического института (ГТУ). 2006, Владикавказ. – С. 344 – 350.
2. Выскребенец А. С. Дробильно-измельчительная установка. Патент Российской Федерации 55643. Опубл. 27.08.2006.
3. Выскребенец А. С. Показатели работы центробежной мельницы на углеродистых материалах // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2006.
4. Выскребенец А. С., Голик В. И. Определение оптимального скоростного режима мельниц динамического самоизмельчения. М.: Горный информационно-аналитический бюллетень. МГТУ, 2006. № 10. С. 32. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Выскребенец А.С. – профессор, доктор технических наук, декан факультета довузовской подготовки,
Гегелашвили М.В. –
Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), skgtu@skgtu.ru