УДК 553.5:621.926

С.В.КАЗАКОВ
НПК «Механобр-техника»
Р.М.БАБАЕВ, М.Ю.ТЯГУШЕВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВИБРАЦИОННЫХ ДРОБИЛОК

Рассмотрены принципиальные и конструктивные особенности виброинерционных дробилок, указаны области их применения, новые подходы к их расчету и проектированию. Рассмотренное оборудование предназначено как для селективного раскрытия горных пород, так и для дезинтеграции любых твердых, хрупких материалов. Селективность раскрытия кристаллитов с минимальным переизмельчением достигается приложением к объемному слою материала строго дозированных сжимающих усилий инерционного характера и импульсных вибрационных сдвиговых нагрузок, вызывающих постепенное разупрочнение межфазных связей. Основные сжимающие и сдвиговые усилия в этих машинах создаются центробежными силами инерции, а материал, разрушаемый в слое, подвергается интенсивному вибрационному воздействию.

Some basic and design features of vibroinertia crushers are explained, areas of their application, and also new approaches to their calculation and designing are specified. The considered equipment is intended both for selective disclosing rocks, and for desintegrating any solid, fragile materials. Selectivity of disclosing of crystallites with minimum overcrushing of them is achieved by applaying to a volumetric stratum of a material of strictly dosed cramping efforts, as a rule, slugged character, and simultaneously impulse vibration shift loadings calling gradual shattering of interphase links. The basic cramping and shift efforts in these machines are created by centrifugal forces of inertia, and a material destroyed in a stratum, exposs to intensive vibration effect.

В настоящее время в связи с широким использованием дробильно-измельчительного оборудования в циклично-поточных технологиях в НПК «Механобр-техника» ведутся научные исследования новых конструкций дробилок в следующих направлениях:

Вибрационные щековые дробилки. С целью совершенствования проводятся экспериментальные и теоретические исследования двух опытных образцов дробилок с вертикальной и наклонной камерами дробления. Вибрационные щековые дробилки работают в зарезонансном режиме. Эффективное дробление обеспечивает синхронно-синфазный режим движения щек.

Технологические испытания проводились при различных режимах загрузки камеры дробления и массах дебаланса, но строго фиксированном гранулометрическом составе исходного материала. Для дробления использовался габродиабаз и кварцит. При этом анализировался гранулометрический состав дробленого продукта. Испытания показали, что вибрационная щековая дробилка с наклонной камерой дробления обеспечивает производительность в 1,5-2 раза большую, чем такая же дробилка, но с вертикальной камерой дробления.

Коэффициент устойчивости синхронно-синфазного режима работы динамической схемы вибрационной щековой дробилки представлен уравнением

$$\chi = 1 + \frac{M}{J}\left[a^2 + \eta^2 + b^2 + 2b(a\sin\beta - \eta\cos\beta\right] -$$

$$- \frac{M}{\Delta}\left[\frac{z}{\omega^2} - \frac{Mb^2}{2} - i + 2\mu lb\sin\alpha\sin\beta\right] -$$

$$-2\frac{M}{\Delta^*}\left\{\left[\frac{b}{2}\left(1-\frac{2J_1}{J}\right)\cos\beta+\frac{\eta J_1}{J}-\frac{\mu l}{M}\cos\alpha\right]^2+\right.$$

$$\left.+\left[\frac{b}{2}\left(1-\frac{2J_1}{J}\right)\sin\beta-\frac{aJ_1}{J}\right]^2\right\}.$$

Чем выше значение этого коэффициента, тем более устойчив синхронно-синфазный режим.

На основании результатов исследования динамических параметров выяснилось, что для обеспечения устойчивого синхронно-синфазного режима работы необходимо учитывать влияние динамических свойств электродвигателя. Для оценки динамических особенностей режима работы предложен коэффициент стабильности синхронно-синфазного режима работы, представленный уравнением $\eta = W_{\max} / L_0$, который включается в математическую модель динамической схемы вибрационно-щековой дробилки (ВЩД). Ведется моделирование работы динамической схемы ВЩД по разработанной математической модели с использованием оригинальных программ. Запланировано проведение механических испытаний. В процессе испытаний, при различных режимах работы, с использованием датчиков ускорений и амплитуд будут определены основные параметры работы виброщековых дробилок, в том числе направление и амплитуды движения щек, угол рассогласования движения.

Разрабатывается мобильная установка на базе наклонной одновибраторной дробилки с активной и реактивной щекой, которая предназначена для комплектации мобильных технологических линий. Разработана ее конструктивная схема, определено положение дебаланса на щеке, построены траектории движения щек, ведется разработка чертежей для экспериментальной установки.

Оптимизация параметров конусной инерционной дробилки. При анализе современного состояния методов расчета конусных инерционных дробилок выяснилось, что требуется уточнение существующей теории движения и разрушения материала в камере дробления. Данная теория позволит определить крупность продукта дробления на каждой стадии зажатия материала между бронями конуса и чаши, а также гранулометрический состав на выходе из разгрузочной зоны камеры дробления.

В НПК «Механобр-техника» проводятся теоретические и экспериментальные исследования по определению закономерностей дробления руд при сжатии слоя. В ходе экспериментов установлено, что на деформируемость слоя, а следовательно, и на разрушаемость материала в слое существенное влияние оказывает не столько его прочность, сколько коэффициент разрыхления слоя и хрупкость.

В результате анализа диаграмм и грансостава материала после сжатия до заданного усилия, выявлено существование трех фаз разрушения материала в слое (рис.1). Начальная фаза характеризуется прямолинейной зависимостью деформации от усилия. В этой фазе происходит переориентация кусков материала в слое и разрушение отдельных крупных кусков, т.е. идет уплотнение слоя. Характер изменения относительной деформации ε от нагрузки практически идентичен для всех исследуемых навесок материала с различным гранулометрическим составом и диапазоном коэффициента разрыхления n = 0,52-0,60 до значения ε = 0,15. Причем с ростом коэффициен-

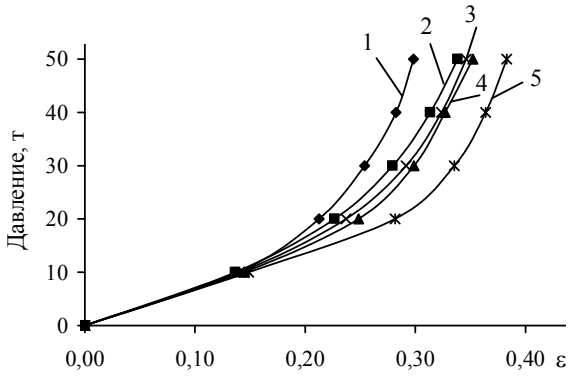


Рис.1. Диаграмма сжатия слоя габбро-диабаза на прессе
Гранулометрический состав:
–24+16; –16+8; –8+4; –4+2; –2+1,25; –1,25+0 мм;
–24+16; –16+8; –8+4; –4+2 мм; –24+16;
–16+8; –8+4 мм; –24+16; –16+8 мм; –24+16 мм;
n – коэффициент разрыхления слоя в ступке,
1 – n = 0,52; 2 – n = 0,55; 3 – n = 0,56; 4 – n = 0,57;
5 – n = 0,60

та разрыхления пологий участок кривой, характерный для первой фазы разрушения слоя материала в ступке, увеличивается.

Во второй фазе происходит массовое разрушение материала, в результате которого уменьшается номинальная крупность продукта дробления. Третья фаза характеризуется спрессовыванием раздробленного материала. При этом номинальная крупность изменяется незначительно. В первой и третьей фазах разрушения слоя в результате обламывания кромок кусков при взаимодействии друг с другом и со сжимающими поверхностями увеличивается неоднородность материала в слое (повышается содержание мелких фракций).

По окончании экспериментальных исследований и оценки результатов планируется получить аналитическую зависимость номинальной крупности и коэффициента неоднородности продукта дробления от его относительной деформации и коэффициента разрыхления исходного питания $d_n, k = f(\varepsilon, n)$. Эта зависимость будет использована при математическом моделировании работы КИД для определения грансостава продукта дробления и выбора рационального сочетания конструктивных параметров и технологических показателей работы конусных инерционных дробилок.

Разработка принципиально нового дробильно-измельчительного оборудования. В НПК «Механобр-техника» разрабатывается проект вибрационной конусной дробилки типа ВКД. Виброконусная дробилка вобрала в себя лучшие характеристики и показатели известных виброщековых и конусных дробилок.

Рассматриваемая машина как и виброщековые дробилки не переизмельчает продукт, обеспечивая интенсивный вывод мелочи из камеры дробления. Это особенно важно на фабриках, обогащающих руды редких элементов, где недопустимо переизмельчение продукта (например, при добыче алмазов). Вертикальные противофазные перемещения конусов способствуют более рациональному способу разрушения материалов сколом, что является наиболее экономичным по расходу энергии на разрушение и подобно обычным конусным дробилкам ВКД обеспечивает большую производительность.

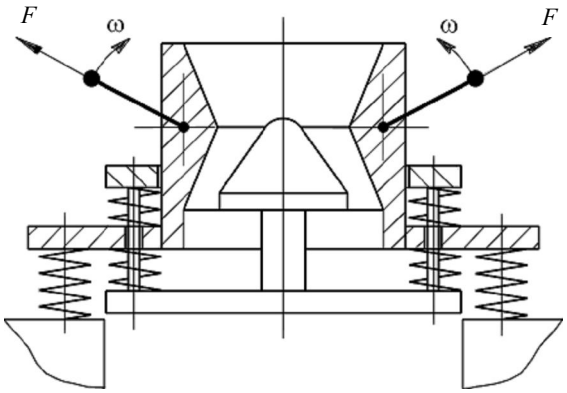


Рис.2. Схема вибрационной конусной дробилки

Конусная вибрационная дробилка предназначена для дробления особо прочных материалов крупностью 30 мм ударно-вибрационным способом. Материал поступает в приемный бункер чаши (рис.2), из которого направляется в камеру дробления. При сближении конусов происходит дробление продукта, а при их отходе – разгрузка. В результате вертикальных колебаний из камеры дробления интенсивно выводятся мелкие классы, что исключает переизмельчение продукта. Раздробленный материал из камеры дробления поступает в кольцевой желоб станины, по которому транспортируется к разгрузочной горловине.

Как и обычные инерционные дробилки типа КИД виброконусная дробилка является динамически уравновешенной, может работать при дозированном питании и под завалом; недробимые тела не вызывают поломок машины, для ее установки не требуется тяжелый фундамент.

Кроме того, дробилка обладает новыми качествами:

- возможностью автоматического пропуска недробимых тел, размеры которых не превышают размер разгрузочной щели;
- повышенной пропускной способностью, при которой раздробленный материал разгружается не только под действием силы тяжести, но и с начальной скоростью, сообщаемой дробилкой;

• способностью деблокировки рабочей камеры прочным или недробимым материалом путем использования резонанса, при прохождении которого резко увеличивается амплитуда колебаний корпуса и конуса;

• способностью перерабатывать влажные руды со значительным содержанием глины.

Представленные направления научных исследований ориентированы как на совершенствование существующего дробильно-измельчительного оборудования, так и на создание новых машин, которые предлагаются к установке в технологических схемах различных производств.