УДК 621.926.2

Р.М.БАБАЕВ
Горно-электромеханический факультет,
аспирант кафедры конструирования горных машин
и технологии машиностроения
С.В.КАЗАКОВ
Инженер-конструктор ОАО «Механобр-техника»

НОВОЕ ВИБРОИНЕРЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотренное оборудование предназначено как для селективного раскрытия горных пород, так и для дезинтеграции любых твердых, хрупких материалов. Селективность раскрытия кристаллитов с минимальным их переизмельчением достигается приложением к объемному слою материала строго дозированных сжимающих усилий, как правило, инерционного характера, и одновременно 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.

Изложены принципиальные и конструктивные особенности виброинерционных дробилок, указаны области их применения, а также новые подходы к расчету и проектированию.

The considered equipment is intended both for selective disclosing rocks, and for desintegrating any solid, fragile materials. Selectivity of crystallites disclosing with minimum overcrushing of them is achieved by applaying to a material volumetric stratum 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, is expossed to intensive vibration effect.

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.

Все *конусные инерционные дробилки* (КИД), несмотря на различие конструкций [2, 3], в том или ином виде включают корпус, дробильную чашу, дробящий конус, привод конуса в виде вибратора дебалансного типа и привод дебаланса (рис.1).

В расчетном отношении конусная инерционная дробилка представляет собой значительно более сложный механизм, чем дробилка с эксцентриковым приводом [1]. Это связано, в первую очередь, с тем, что вместо двух существенных степеней свободы – угла поворота конуса и угла поворота эксцентрикового стакана – приходится рассматривать десять: шесть степеней свободы соответствуют корпусу дробилки, три – конусу, имеющему с корпусом одну общую точку (центр сферической опоры конуса), и, наконец, одна степень свободы – углу поворота дебаланса относительно оси его вращения, совпадающей с осью дробящего конуса.

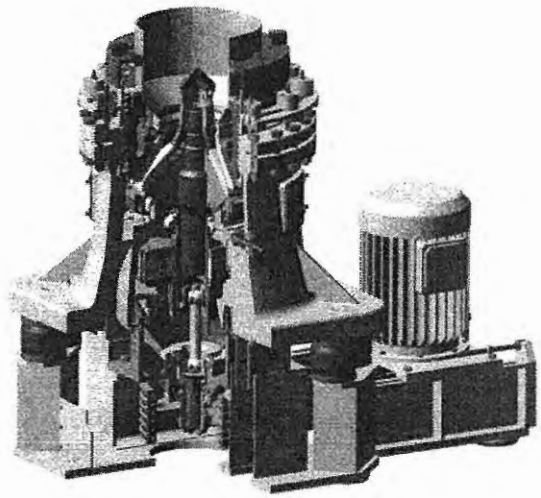


Рис.1. Конусная инерционная дробилка КИД-1500

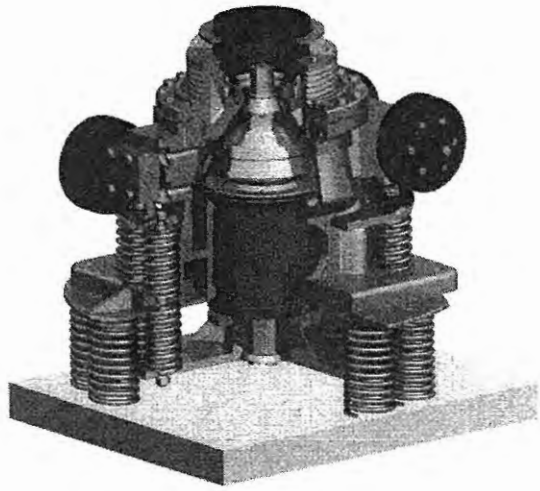


Рис.2. Виброконусная дробилка ВКД-300

Важнейшей задачей при проектировании КИД является профилирование камеры дробления. Исследование влияния параметров конусной инерционной дробилки на ее технологические показатели произведено на разработанной в ОАО «Механобр-техника» математической модели ее работы [4]. Используемые в модели уравнения динамического равновесия конуса совместно с алгоритмами определения перемещений материала в камере дробления и вычисления динамы сил дробления при учете физико-механических свойств дробимого материала представляют собой замкнутую аналитико-алгоритмическую систему соотношений, связывающую механические параметры дробилки, форму камеры дробления, свойства дробимого материала и характеристики установившегося режима работы КИД.

При разработке данной методики расчета КИД внесены изменения в ранее используемые модели. В частности, движение материала в камере дробления изучается с учетом пространственного характера колебаний броней дробящего конуса и дробильной чаши. Кроме того, учет в этой модели реальных характеристик дробимого материала, установленных путем специально проведенных в ОАО «Механобр-техника» экспериментальных исследований [5], позволил отказаться от использования ряда эмпирических коэффициентов.

В ОАО «Механобр-техника» разрабатывается проект *вибрационной конусной дробилки* типа ВКД (рис.2). Для дробилки с вибраторами на корпусе построена амплитудно-частотная характеристика (рис.3).

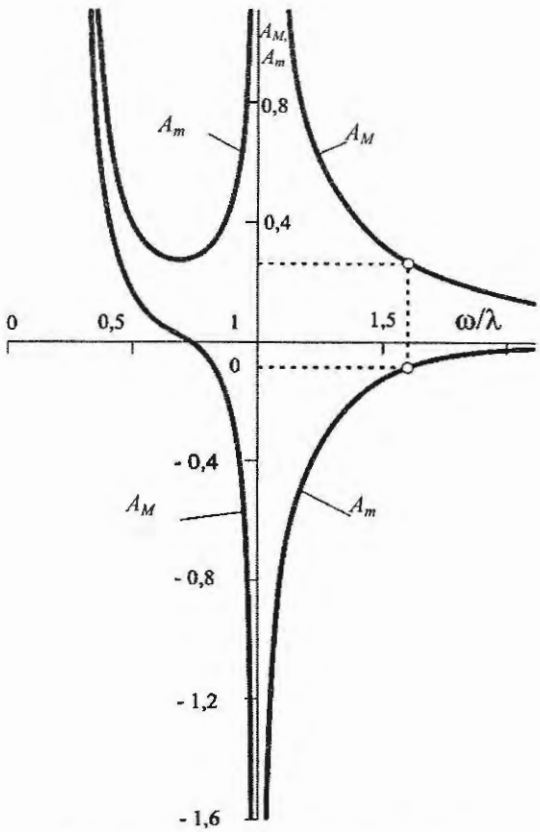


Рис.3. Амплитудно-частотная характеристика дробилки с вибраторами на корпусе
A_M и $A_м$ – амплитуда колебаний соответственно корпуса и конуса

Она описывает особенности поведения машины на холостом ходу при разной скорости вращения дебалансов. По оси абсцисс отложено отношение вынужденных колебаний к собственным колебаниям системы. Под вынужденными колебаниями понимается частота вращения электродвигателя. Собственные колебания системы зависят от массы и жесткости пружин, и эта величина, в отличие от частоты вращения двигателя, остается неизменной.

По оси ординат отложена амплитуда колебаний конуса и корпуса. Из амплитудно-частотной характеристики следует, что в зарезонансном режиме имеют место только противофазные колебания корпуса и конуса, а в случае дорезонансного режима возможны колебания масс как в фазе, так и в противофазе. Дорезонансный режим позволяет подобрать параметры дробилки таким образом, что корпус машины будет теоретически неподвижным, что обеспечит снижение инерционных нагрузок на деболансный привод. В системе может быть достигнут режим динамического гашения колебаний, при котором амплитуда колебаний близка к нулю ($A_M = 0$). При этом, например, станина дробилки, исполняя роль наковальни, будет относительно неподвижна, а более легкий конус, являющийся молотом, будет совершать необходимые колебания. На основании расчетов было выявлено, что процесс дробления материала будет протекать наиболее эффективно в зарезонансном режиме с коэффициентом отстройки от резонанса $P = 1{,}56$. В этой точке амплитуда колебаний корпуса $A_M = 2{,}7$ мм, а конуса $A_m = 1{,}0$ мм.

Как и обычные инерционные дробилки типа КИД виброконусная дробилка является динамически уравновешенной, не требует для своей установки тяжелого фундамента; может работать при дозированном питании и под завалом; недробимые тела не вызывают поломок машины.

Проведенные теоретические исследования послужили основой для разработки проекта виброконусной дробилки с диаметром дробящего конуса 300 мм.

В ОАО «Механобр-техника» был изготовлен опытный образец виброщековой дробилки с наклонной камерой дробления и приемным отверстием 80 × 300 мм, после чего были проведены механические испытания, которые имели целью проверить принципиальную возможность самосинхронизации вибраторов в машине, произвольно ориентированной в пространстве.

По результатам проведенных испытаний установлено:

- в дробилке обеспечен синхронный противофазный режим вращения дебалансных вибраторов с четкими встречными колебаниями щек с расфазировкой равной нулю; синхронность сохранялась при выключении вибратора и повторном включении на холостом ходу, а также при наличии нагрузки;
- неодинаковые начальные условия (закручивание торсионов в одну сторону, неравномерное воздействие масс щек и вибраторов на систему) не оказывают отрицательных явлений на синхронность работы машины и устойчивость режима;

Сравнительная эффективность работы дробилки ВЩД 80 × 300 с вертикальной и наклонной камерой дробления

Вид камеры дробления	Производительность, кг/ч	i	Эффективность Qi	Сравнительный показатель W
Прямые брони, вертикальное положение	1092	5,29	5776,68	1,00
Прямые брони, наклонное положение	2745	3,46	9503,51	1,65
Изогнутые брони, наклонное положение (крупный исходный продукт)	2729	5,05	13778,74	2,39
Изогнутые брони, наклонное положение	3081	5,17	15927,16	2,76

Примечание. Материал – кварц

• опробования дробилки подтвердили возможность установки дробящих щек в наклонном положении без поддерживающих пружин;

• дробилка устойчиво работает с одним вибратором и реактивной дробящей щекой;

• сравнение виброщековых дробилок с вертикальной и наклонной камерами дробления при идентичных условиях работы показало (см. таблицу), что по сравнению с дробилкой, имеющей вертикальную камеру дробления, производительность Q дробилки с наклонной камерой выросла в 1,65 раза, а в случае использования броней изогнутой формы – в 2,76 раза, причем степень дробления i практически не изменилась.

Таким образом, в ходе механических испытаний подтверждена возможность создания компактных, легких, динамически уравновешенных виброщековых дробилок с наклонной камерой дробления.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вайсберг Л.А.* Новые машины и комплектные технологические линии для дробления и измельчения материалов / Л.А.Вайсберг, Л.П.Зарогатский // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2002. № 1. С.64-71.

2. *Вайсберг Л.А.* Вибрационное оборудование для дезинтеграции минерального и техногенного сырья / Л.А.Вайсберг, Л.П.Зарогатский, А.Н.Сафронов // Физические проблемы разрушения горных пород: Сб. тр. 2-й Международной научной конференции. СПб, 2002.

3. *Ревнивцев В.И.*. Вибрационная дезинтеграция твердых материалов / В.И.Ревнивцев, Г.А.Денисов, Л.П.Зарогатский, В.Я.Туркин. М.: Недра, 1992. 430 с.

4. *Кацман Я.М.* Определение механических параметров установившегося режима работы конусных инерционных дробилок // Обогащение руд. 1984. № 6. С.34-38.

5. *Иванов Н.А.* Основные закономерности изменения состояния слоя сыпучего материала при сжатии / Н.А.Иванов, О.П.Барзуков, Я.М.Кацман, В.И.Ревнивцев, В.Р.Лаубган, Л.В.Яхкинд // Обогащение руд. 1984. № 4. С.3-6.

Научный руководитель д.т.н. проф. *И.П.Тимофеев*