

УДК 622.73

**М.В. Гегелашвили, И.Р. Бурлаков, Ч.Г. Басиев,
М.Ж. Критская**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ
ВЕРТИКАЛЬНОЙ МЕЛЬНИЦЫ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО
САМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТА
ПРИГОДНОГО ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ОБОГАЩЕНИЯ**

Приведены результаты испытаний лабораторной модели вертикальной мельницы принудительного самоизмельчения. Рассмотрено напряженное состояние измельчаемого материала во вращающемся корпусе.

Ключевые слова: измельчение, вертикальная мельница принудительного самоизмельчения, сырье тело.

В результате совершенствования разработанного в СКГМИ способа динамического самоизмельчения появилась новая вертикальная мельница принудительного самоизмельчения. [1]

Процесс принудительного самоизмельчения руд является принципиально новым технологическим процессом и не имеет аналогов. В процессе проведения испытаний лабораторных и опытных образцов экспериментально можно определить основные закономерности, характеризующие технологические показатели способа принудительного самоизмельчения.

Для проведения натурных испытаний по размолу минерального сырья была спроектирована и изготовлена лабораторная мельница большего размера, в конструкции которой предусмотрена возможность загрузки исходного материала и выгрузки продуктов размола. На рис. 1 приведен общий вид лабораторной установки без внешнего кожуха. Ротор этой мельницы отличается тем, что в нижней части ротора смонтирована решетка из шпальтовых сит.

Ниже приводится техническая характеристика лабораторной установки: диаметр корпуса – 320 мм; высота – 500 мм; частота вращения – 0-450 об/мин; ширина лопасти – 33,2, 40, 50, 60, 66,8 мм; диаметр лопасти – 150 мм; двигатель П 31; мощность – 3,2 кВт.

Для проведения полномасштабных экспериментов необходимо на первом этапе провести серию ориентирующих опытов. Основной целью этих работ является выявление недостатков конструкции, а также определение независимых переменных – факторов, оказывающих максимальное, в соответствии с мнением экспериментатора, влияние на выходные параметры, характеризующие работу машины.

Для мельницы данного типа основным выходным параметром можно считать качество получаемого измельченного материала. Качество измельченного продукта определяется его гранулометрическим составом. Для целей последующего обогащения необходимо обеспечивать минимальное количество фракций размером менее 5 мкм, т.е. избежать переизмельчения сырья. В противном



Рис. 1

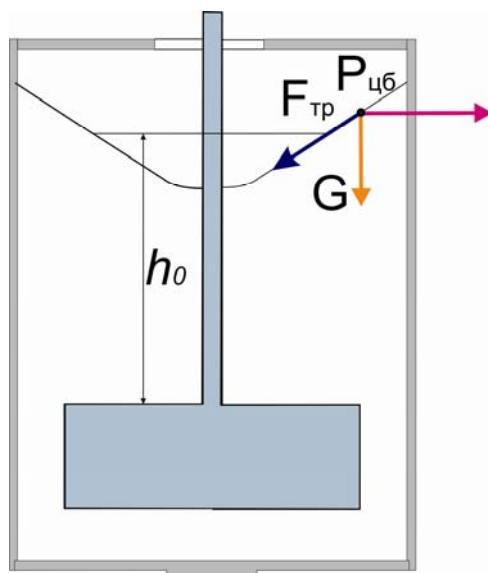


Рис. 2. Равновесие сводной поверхности

случае произойдет ошламование продукта и практически невозвратные потери ценных компонентов с отвальным хвостами.

Для данной конструкции это означает необходимость правильной и своевременной организации эвакуации измельченного материала из вращающегося ротора. Это обеспечивается оптимальным расположением неподвижной лопасти от дна ротора и одновременно от верхнего края просеивающей поверхности, расположенной в нижней части вращающегося ротора. Наряду с этим требуется обеспечить в активной зоне измельчения определенное давление, обеспечивающее стесненные условия для взаимного перемещения частиц измельчаемого материала. Это давление обеспечивают слои этого же материала, которые располагаются выше неподвижной лопасти.

Сыпучий материал изначально насыпан в ротор на высоту h_0 . При вращении корпуса материал, находящийся внутри (рис. 2) находится под действием двух массовых сил – силы тяжести G , направленной вертикально, и центробежной силы инерции P_{cb} , имеющей радиальное направление. При вращении ротора произойдёт так же изменение формы свободной поверхности внутримельничного заполнения, вызываемое взаимодействием массовых сил и силы внутреннего трения сыпучего тела F_{mp} .

Анализ равновесия частицы на свободной поверхности позволяет рассчитать угол наклона φ этой поверхности к горизонту

$$\tan \varphi = \frac{\omega^2 \cdot r - f \cdot g}{f \cdot \omega^2 \cdot r + g} \quad (1)$$

Здесь: ω - угловая скорость; f - коэффициент внутреннего трения; r - текущий радиус; g - ускорение свободного падения;

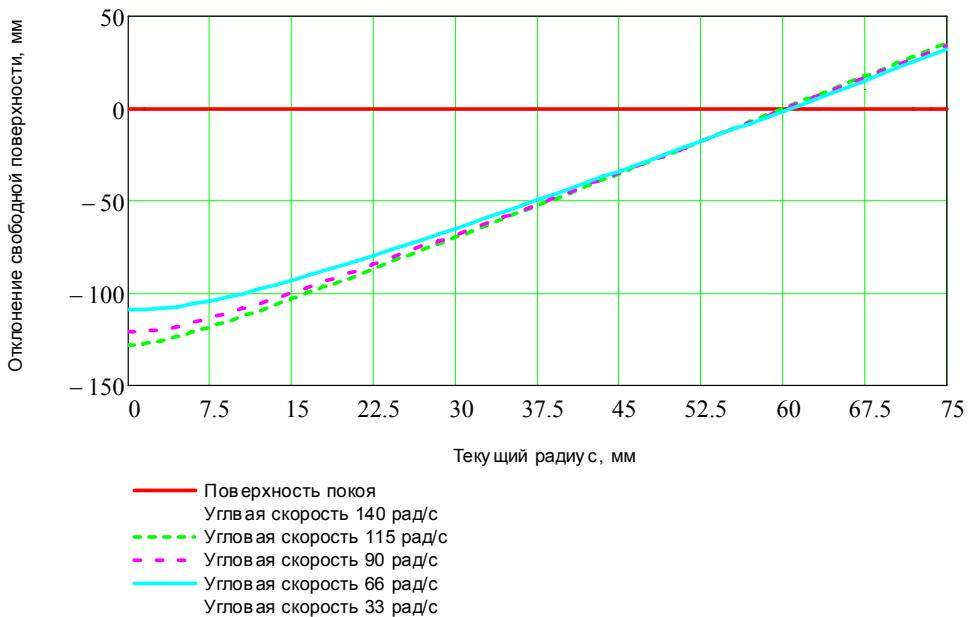


Рис.3 Граница свободной поверхности при вращении ротора

При вращении корпуса свободная поверхность меняет свою форму за счет вытеснения измельчаемого материала от центра к периферии. Текущий угол наклона поверхности рассчитывается в соответствии с формулой 1. Текущее значение относительной высоты свободной поверхности рассчитывается путем интегрирования в соответствии с

$$h_1(r) = \int_0^r \frac{\omega^2 \cdot \rho - f \cdot g}{f \cdot \omega^2 \cdot \rho + g} d\rho \quad (2)$$

Однако для дальнейших расчетов требуется определение текущей высоты слоя, например от верхней границы лопасти. Для этого необходимо рассчитать точку пересечения границ свободной поверхности материала в покое и при вращении корпуса. Такая граница характеризуется некоторым радиусом R_1 . Найти значение этого радиуса можно исходя из условия равенства объема материала вытесненного к периферии дальше этой границы и объемом пустого пространства, образовавшегося над свободной поверхностью внутри этой границы.

$$\int_0^{R_1} 2 \cdot r \cdot \int_0^r \frac{\omega^2 \cdot \rho - f \cdot g}{f \cdot \omega^2 \cdot \rho + g} d\rho dr = \int_{R_1}^R 2 \cdot r \cdot \int_0^r \frac{\omega^2 \cdot \rho - f \cdot g}{f \cdot \omega^2 \cdot \rho + g} d\rho dr \quad (3)$$

Решение данного уравнения относительно R_1 возможно только численными методами. Методика расчета реализована в среде «MathCad 14». Величину отклонения свободной поверхности от состояния покоя рассчитывают в соответствии выражением (4)

Таблица 1

Обобщенные результаты анализа размера частиц проб размоля доломита Боснинского месторождения при $H_{cl}=140$ мм после отмычки класса -40 мкм

№ пробы п/п	Класс, мкм														
	-315 +160	-160 +80	-80 +63	-63 +40	-40 +35	-35 +30	-30 +25	-25 +20	-20 +17,5	-17,5 +15	-15 +12,5	-12,5 +10	-10 +7,5	-7,5 +5	Итого
1	1,18	2,53	1,80	11,86	0,09	2,17	5,05	24,35	8,18	15,69	12,18	5,32	4,69	4,96	100

$$\Delta h(r) = \int_0^r \frac{\omega^2 \cdot \rho - f \cdot g}{f \cdot \omega^2 \cdot \rho + g} d\rho - \int_0^{R_1} \frac{\omega^2 \cdot \rho - f \cdot g}{f \cdot \omega^2 \cdot \rho + g} d\rho \quad (4)$$

Ниже на рис. 2 приводятся результаты расчетов применительно к описанной ранее [1] лабораторной модели, внутри которой пшено.

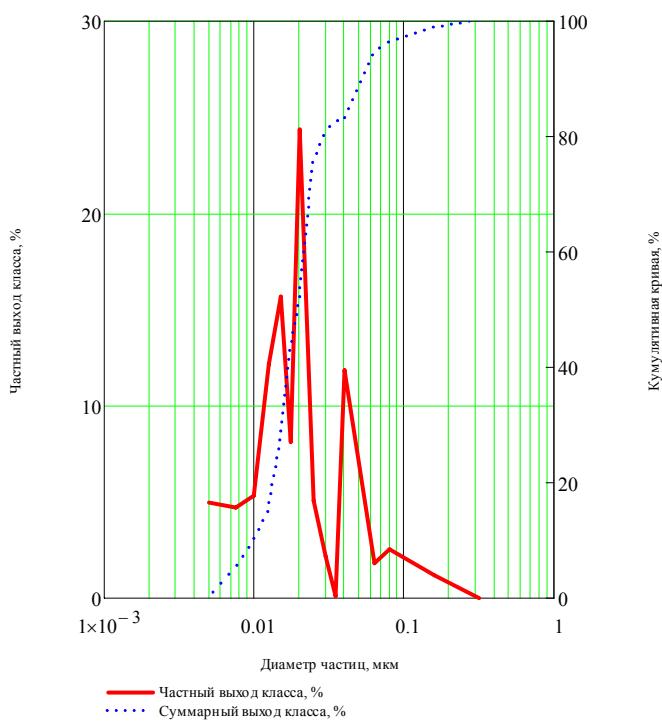


Рис. 4. Ситовая характеристика продуктов размоля

Таким образом, необходимо найти определенную глубину опускания неподвижной пластины в ротор. После нескольких проведенных опытов такое положение было найдено. Визуальные наблюдения за ходом разгрузки материала показали, что на шпальтовых ситах ротора образовалась некая «подушка» из крупных кусков, которая составила определенный дренажный слой, обеспечивающий верхнюю границу крупности слива мельницы.

Для проведения опытов был принят доломит Боснинского месторождения (РСО-

Алания) размером - 20 мм. Эксперименты проводились с неподвижной лопастью минимальной ширины – 32,2 мм, при частоте вращения ротора – 200 об/мин и максимальной загрузке ротора измельчаемым материалом. Сверху в ротор подавалась вода из водопроводной магистрали. На выходе из машины отбиралась проба продуктов размола. Во время проведения опыта содержание твердой фракции по массе в сливе составило – 30,5 %. Отобранная проба первоначально подвергалась отмывке на сите 40 мкм. Плюсовой класс просеивался на ротапе через стандартный набор контрольных сит. Тонкий класс -40 мкм после естественной сушки был подвергнут анализу на рентгеновском дисковом анализаторе размеров частиц (рентгеновская дисковая центрифуга) производства фирмы «Brookhaven Instrument Corporation». Этот анализатор позволяет проводить анализ размеров частиц в диапазоне от 10 нм до 100 мкм. Обобщенные результаты анализа представлены в табл. 1.

Графическое представление ситового анализа продуктов размола в полулогарифмических координатах приведено на рис. 4.

Проведенный анализ показал, что вертикальная мельница принудительного самоизмельчения способна в открытом цикле выдавать кондиционный для последующего обогащения измельченный материал, характеризующийся минимальным содержанием шламообразующего класса размером менее 5 мкм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гегелашивили М.В., Бурлаков И.Р., Свердлик Г.И. О скоростных режимах движения измельчаемого материала в вертикальной мельнице принудительного самоизмельчения. // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2012 №4. с. 241 – 244. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Гегелашивили Михаил Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологические машины и оборудование» Gegelashvili@mail.ru.,
Бурлаков Илья Романович – аспирант кафедры «Технологические машины и оборудование»,
Басиев Чермен Георгиевич – аспирант кафедры «Технологические машины и оборудование»,
Критская Марина Жиулиевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Обогащение полезных ископаемых»,
Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет).

