УДК 621.928.242

УСЛОВИЯ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ РУДЫ БЕЗ СКОЛЬЖЕНИЯ И ОТРЫВА В БАРАБАНЕ ГРОХОТА

Анашкин А.А.
Научный руководитель – канд.техн.наук Косолапова С.А.
Сибирский федеральный университет

В технологической схеме подготовки шихты большое значение имеет процесс сортировки. Сухую механическую сортировку (грохочение) осуществляют специальными машинами - грохотами, снабженными колосниками, решетами или ситами.

Грохот - это вибрационное сито, используемое для разделения различных сыпучих материалов по фракциям (уголь, руда, песок, щебень, торф, щепа и др.)

Барабанный грохот – один из наиболее распространенных видов. Барабанный грохот представляет собой цилиндрическую рабочую поверхность – барабан (рис.1), состоящую из нескольких решет. Обладает высокой эффективностью грохочения за счет вращения барабана с регулируемыми щетками для очистки сита, надежен и прост в эксплуатации.


Рисунок 1 – Барабанный грохот

Грохот устанавливают под небольшим углом (обычно 5-7°) к горизонту для возможности продольного перемещения материала, загружаемого внутрь барабана. При вращении барабана под влиянием трения об его стенки куски материала увлекаются вверх; достигнув определенной высоты, материал начинает скользить вниз, одновременно перемещаясь вдоль барабана в сторону выхода. Производительность барабанного грохота зависит от скорости его вращения. Однако число оборотов барабана не должно быть большим, так как с его увеличением увеличивается высота подъема материала внутри барабана. При этом куски отрываются от стенок и при падении вниз сталкиваются, подвергаясь ненужному измельчению. Для исключения этого явления частица должна двигаться вместе с барабаном без отрыва и скольжения.

Рассмотрим равномерное движение барабана радиуса R вместе с частицей руды, которая удерживается силой трения. Определим необходимые условия, при которых частица массой m (точка М) (рис. 2) будет непрерывно двигаться вместе с барабаном без отрыва и скольжения.

При движении на частицу действуют сила тяжести $m\overline{g}$, нормальная реакция $\overline{F}_n$ и сила трения покоя $\overline{F}_f$.

Составим уравнения движения частицы в проекциях на нормальную и касательную оси (рис. 2):

$$ma_n = F_n - mg\cos\varphi;$$
$$ma_\tau = F_f - mg\sin\varphi$$

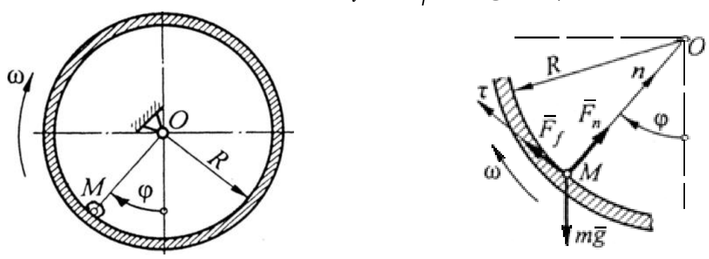

Рисунок 2 – Расчетная схема барабана грохота

Учитывая, что нормальное ускорение частицы $a_n = \omega^2 / R$, а касательное ускорение $a_\tau = 0$ (равномерное вращение барабана), получим

$$m\omega^2 / R = F_n - mg\cos\varphi; \tag{1}$$

$$0 = F_f - mg\sin\varphi \tag{2}$$

Скольжение частицы относительно барабана начнется, когда величина сдвигающей силы $mg\sin\varphi$ превысит величину предельной силы трения. Из уравнения (1) выражаем величину нормальной реакции и подставляем в уравнение (2)

$$F_f = mf(\omega^2 R + g\cos\varphi).$$

Тогда условие начала скольжения примет вид

$$mg\sin\varphi_1 = mf(\omega^2 R + g\cos\varphi_1), \tag{3}$$

где φ_1 - угол, при котором сила трения достигнет предельной величины.

Из уравнения (3) можно определить угол, при котором частица начнется скольжение по барабану

$$\varphi_1 = \rho + \arcsin\left\{(\frac{\omega^2 R}{g})\sin\rho\right\}, \tag{4}$$

где ρ - угол трения ($tg\rho = f$).

Отрыв частицы происходит, когда ее давление на барабан станет равным нулю, т.е. $F_n = 0$, тогда из уравнения (1)

$$\varphi_2 = \arccos(-\frac{\omega^2 R}{g}) = (\pi / 2) + \arcsin(\frac{\omega^2 R}{g}) \dots\dots\dots\dots\dots\dots(5)$$

где φ_2 - угол, при котором частица оторвется от поверхности барабана.

Сравнивая уравнения (4) и (5), можно отметить, что

$$\rho + \arcsin\left\{(\frac{\omega^2 R}{g})\sin\rho\right\} \quad \langle \quad (\pi/2) + \arcsin(\frac{\omega^2 R}{g}) \tag{6}$$

Следовательно, частица начнет скользить по поверхности барабана раньше, чем оторвется от нее. Если не будет скольжения частицы, то не будет и ее отрыва.

Скольжение частицы относительно барабана отсутствует, если сдвигающая сила не превышает предельную силу трения, т.е.

$$mg\sin\varphi \quad \langle \quad fF_n$$

$$mg\sin\varphi \quad \langle \quad (tg\rho)m(\omega^2 R + g\cos\varphi). \tag{7}$$

После преобразования уравнения (7) получим

$$\sin\varphi \quad \langle \quad (tg\rho)(\frac{\omega^2 R}{g} + \cos\varphi)$$

или

$$\sin(\varphi - \rho) \quad \langle \quad (\frac{\omega^2 R}{g})\sin\rho.$$

Учитывая, что $\sin(\varphi - \rho)$ не может быть больше единицы, получим

$$\omega^2 R \quad \rangle \quad \frac{g}{\sin\rho} \tag{8}$$

Если учесть, что

$$\sin\rho = tg\rho \cdot \cos\rho;$$

$$\cos\rho = \frac{1}{\sqrt{1 + tg^2\rho}}$$

Уравнение (8) примет вид

$$\omega^2 R \quad \rangle \quad \frac{g\sqrt{1 + tg^2\rho}}{tg\rho} = \frac{g\sqrt{1 + f^2}}{f}.$$

Это и есть условие отсутствия скольжения и отрыва частицы от поверхности барабана.