

ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ В КОНФУЗОРНО-ДИФФУЗОРНОМ ЗАЗОРЕ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Визначені тиск в конфузорно-дифузорному зазорі, що меле, віджимаюча сила і сили тертя, достатні для подрібнення матеріалу.

Ключові слова: конфузорно-дифузорний зазор, подрібнення, порошок.

Определены давление в мелющем конфузорно-дифузорном зазоре, отжимающая сила и силы трения, которые достаточны для измельчения материала.

Ключевые слова: конфузорно-дифузорный зазор, измельчение, порошок.

Pressure in a grinding convergent-divergent gap, squeezing force and friction forces, sufficient for material grinding have been determined.

Key words: convergent-divergent gap, grinding, powder.

Постановка проблеми. Основними задачами в процесі отримання порошків для більшості випадків є досягнення необхідної дисперсності матеріалу при мінімальних затратах енергії і часу.

Дослідження закономірностей измельчення необхідно для розрахування мельниць і визначення оптимальних умов їх роботи [1, 2]. Однак для отримання порошків, які використовують в дорожньому будівництві, вибір измельчителів і режим їх роботи виробляється емпірично.

Аналіз останніх досліджень показав, що цю проблему можна розглядати через гідродинамічну теорію [1] при відносно високій дисперсності порошку. Але вибір измельчителів, в більшості випадків, оснований на емпіричних залежностях, описаних в циклах дроблення і измельчення [3].

Цілью статті є визначення значення тиску в конфузорно-дифузорному зазорі, який утворений мелючими тілами в формі двох коліс, а також визначення центруючої сили і сили тертя, необхідної для измельчення матеріалу.

Основні результати. Розглянемо процес измельчення через гідродинамічну теорію.

“...порошок достатньо високої дисперсності по відношенню до зовнішньому впливу веде себе подібно в'язкій рідині...” [стр. 142, 1].

Определим давление в конфузурно-диффузурном зазоре, отжимающую силу и величину силы трения. Воспользуемся расчетными схемами, приведенными в работе [3].

В качестве мелющих тел примем два кольца, образующие между собой зазор, равный величине h_0 (рис.1). Кольцо 1 установлено неподвижно, а кольцо 2 размещено с эксцентриситетом. С учетом допущений [4] считаем, что конфузурно-диффузурный зазор образуется в зоне минимального зазора (рис.2) между подвижным и неподвижным кольцом. Будем считать, что на этом участке кольцо движется с линейной скоростью. Тогда на входе образуется диффузор, а на выходе – конфузур. Величина зазора принимается в зависимости от необходимой величины дисперсности измельчаемого материала: $h_0 = (0,5...0,57) d_n$. Тогда принимаем, что $l_d = l_k \cong (10...20) h$.

На основе уравнений Навье-Стокса была получена зависимость для определения давления в конфузурно-кольцевом зазоре:

$$P_k = \frac{6 \mu v l_k}{h_0 \psi} \left(\frac{1}{h_k} - \frac{h_{k \min}}{2 h_k^2} + \frac{h_{k \min}}{2 h_{k \max}^2} - \frac{1}{h_{k \max}} \right),$$

где μ – вязкость порошка, v – линейная скорость подвижного кольца, l_k – длина конфузурной части, h_0 – осесимметричный кольцевой зазор, ψ – параметр клиновидности, h_k – величина конфузурного зазора сопряженных деталей, $h_{k \max}$, $h_{k \min}$ – максимальное и минимальное значение величины конфузурного зазора.

Максимальное значение давления в зазоре равно:

$$P_{k \max} = \frac{6 \mu v l_k}{h_0 \psi} \left(\frac{1}{2 h_{k \min}} - \frac{2 h_{k \max} - h_{k \min}}{2 h_{k \max}^2} \right).$$

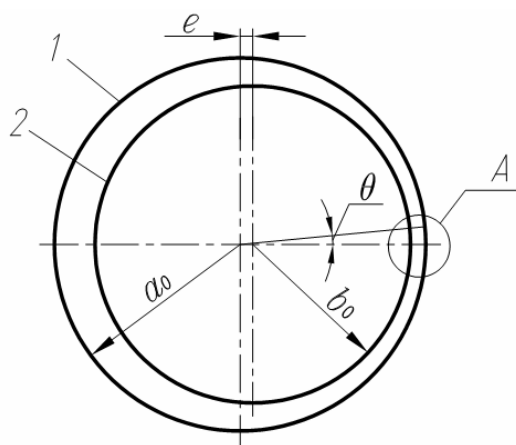


Рисунок 1 – Мелющие тела вращения

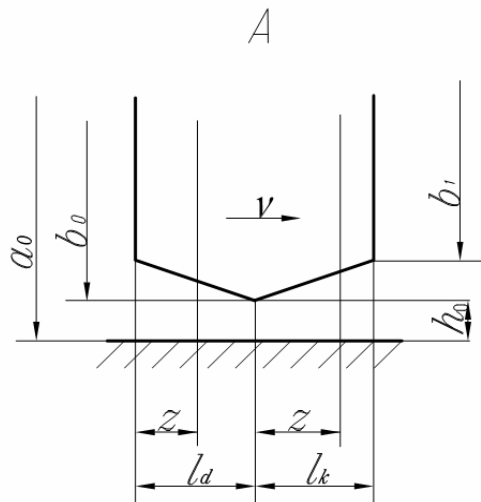


Рисунок 2 – Конфузорно-диффузорный зазор

Давление в диффузорно-кольцевом зазоре:

$$P_{\partial} = \frac{P_{k \max}}{\left(\frac{1}{h_{\partial \min}^2} - \frac{1}{h_{\partial \max}^2} \right)} \left(\frac{1}{h_{\partial}^2} - \frac{1}{h_{\partial \max}^2} \right),$$

где h_{∂} – величина диффузорного зазора сопряженных деталей,

$h_{\partial \max}$, $h_{\partial \min}$ – максимальное и минимальное значение величины диффузорного зазора.

В формуле для определения μ учитываем плотность ρ измельчаемого материала (порошка), а также коэффициент $k_{\text{вязк}}$, согласующий идеальную вязкость с реальной (уточняется экспериментально):

$$\mu = \rho \nu l k_{\text{вязк}}.$$

Величины зазоров определяются по следующим формулам:

$$h_k = h_0 \left(1 + \varepsilon \cos(\theta) + \psi \frac{z}{l_k} - k_z \right),$$

$$h_{\partial} = h_0 \left(1 + \varepsilon \cos(\theta) + \psi \frac{l_{\partial} - z}{l_{\partial}} - k_z \right),$$

где ε – относительный эксцентриситет равный e/h_0 , θ – величина зазора по угловой координате, ψ – безразмерный параметр конусности, k_z – безразмерная составляющая, которая уточняет величину зазора, равная:

$$k_z = 0,5 \varepsilon^2 (1 - k) \sin(\theta),$$

где $k = b_0/a_0$.

$$\psi = (b_0 - b_1)/(a_0 - b_0),$$

где a_0 – радиус неподвижного кольца, b_0 – радиус подвижного кольца, b_1 – минимальный радиус подвижного кольца.

Максимальные и минимальные значения зазоров:

$$h_{k \max} = h_{d \max} = h_0 (1 + \varepsilon \cos \theta + \psi - k_z),$$

$$h_{k \min} = h_{d \min} = h_0 (1 + \varepsilon \cos \theta - k_z).$$

Величина отжимающей силы равна:

$$R_{отж} = 2 b_0 \int_{\pi}^0 \int_0^l (P_k + P_d) \cos \theta dz d\theta.$$

Для получения тонкодисперсного порошка необходимо, чтобы между рабочими поверхностями возникали достаточные силы трения, которые обеспечивали бы измельчение подаваемого материала. Так как плотность порошка больше плотности жидкости, например $\rho_{жид} \approx 900 \text{ кг/м}^3$, а $\rho_{песка} \approx 2500 \text{ кг/м}^3$, то можно говорить о том, что значения силы трения и давления будет достаточным для разрушения материала.

Величина силы трения равна:

$$F_{mp} = 2 b_0 \int_{\pi}^0 \int_0^l \tau_{rz} dz d\theta,$$

где τ_{rz} – тангенциальное напряжение, определяемое по формуле:

$$\tau_{rz}^k = 3 \mu \theta_0 \left(\frac{h_{k \min} - h_k}{h_k^2} \right) - \frac{\mu \theta_0}{h_k},$$

$$\tau_{rz}^d = 3 \mu \theta_0 \left(\frac{h_{d \min} - h_d}{h_d^2} \right) - \frac{\mu \theta_0}{h_d}.$$

Общая сила трения равна:

$$F_{mp}^{kd} = F_{mp}^k + F_{mp}^d.$$

Выводы. Определено значение давления в конфузorno-диффузорном зазоре, который образован мелющими телами в виде двух колец, а также найдена центрирующая сила и сила трения, необходимая для измельчения материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ходаков Г.С. *Физика измельчения* / Г.С. Ходаков. – М.: Наука, 1978. – 307 с.
2. Линч А. Дж. *Циклы дробления и измельчения. Моделирование, оптимизация, проектирование и управление* / А. Дж. Линч. – М.: Недра, 1981. – 332 с.
3. Ремарчук Н.П. *Применение гидродинамического центрирования в сопряжениях гидроцилиндров экскаваторов* / Н.П. Ремарчук, В.А. Держинский // *Вестник ХГАДТУ*. – X., 2001. – Вып. 14. – С. 46–51.
4. Жоховский М.К. *Теория и расчет приборов с неуплотненным поршнем* / М.К. Жоховский; 3-е изд-е, перераб. и доп. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 331 с.