

Вялых С. В., аспирант,
Семикопенко И. А., канд. техн. наук, проф.,
Воронов В. П., канд. физ.-мат. наук, проф.,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ, ЗАТРАЧИВАЕМОЙ РОТОРОМ В КАМЕРЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

olimp69@narod.ru

В статье представлен расчет мощности, затрачиваемой вращающимся ротором на участке предварительного измельчения камеры помола мельницы ударно-центробежного действия. Получено соотношение (6) определяющее мощность, которую необходимо затратить ротору для разрушения материала. Представлена схема формирования зоны деформации сферической частицы материала о плоскую поверхность. Также определены мощности, расходуемые ротором в камере предварительного измельчения на транспортировку воздушного потока и на транспортировку частиц материала.

Ключевые слова: мощность, ротор, частица, поток, измельчение.

Мощность, затрачиваемая ротором на предварительное измельчение ударом в камере предварительного измельчения, можно вычислить согласно следующему соотношению:

$$P_{y\partial} = A \cdot \omega \cdot Z_n, \quad (1)$$

где Z_n - количество ударных элементов ротора, расположенных в камере предварительного измельчения; ω - частота вращения ротора;

A - работа, которую необходимо совершить для того, чтобы сформировать в объеме сферической частицы зону разрушения.

Предположим, что процесс формирования зоны деформации в объеме частицы материала происходит согласно расчетной схеме, представленной на рис. 1.

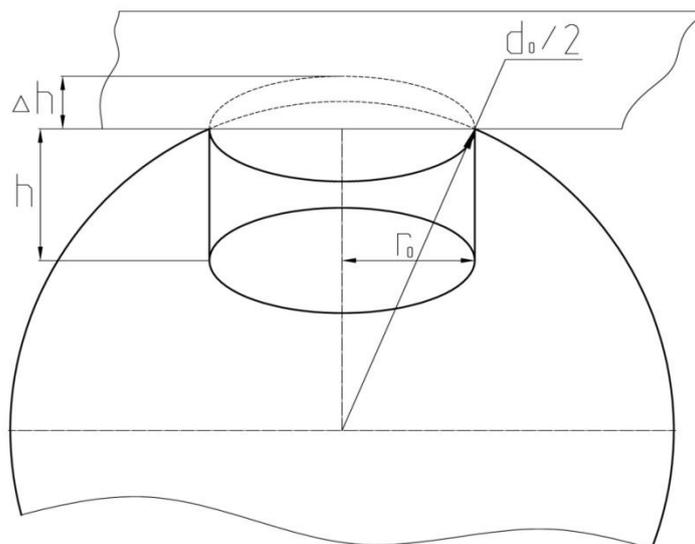


Рис. 1. Расчетная схема формирования зоны деформации сферической частицы материала при ударе об плоскую поверхность

Согласно расчетной схеме, представленной на рисунке 1, объем зоны, в которую вводится энергия, равен:

$$V_3 = \pi r_0^2 \cdot h, \quad (2)$$

r_0 - радиус зоны деформации; h - высота зоны деформации.

Согласно результату работы [1] величины r_0 и h принимают соответственно следующие значения:

$$r_0 = \left(\frac{4Q_i d_0}{\pi \sigma} \right)^{1/4}, \quad (3)$$

$$h = \frac{1}{d_0} \left(\frac{4Q_i d_0}{\pi \sigma} \right)^{1/2}, \quad (4)$$

здесь σ - значение напряжения, которое возникает в объеме (2) при поперечном расширении. На основании данных работы [1], значение работы по формированию зоны объемом (2) можно получить, исходя из формулы:

$$A = \frac{48\mu_0 d_0^3}{\pi^2 d} \left(\frac{4Q_i d_0}{\pi \sigma} \right)^{-1/2} (Q_i - Q_0), \quad (5)$$

где d_0 - диаметр исходной частицы.

В качестве Q_i можно положить значение:

$$Q_1 = \frac{I\omega^2}{2} \quad (6)$$

здесь I – момент инерции ротора с ударными элементами.

Параметру σ придать значение, равное напряжению разрушения σ_p при растяжении материала. Поэтому на основании сказанного можно получить следующее выражение:

$$A = \frac{48\mu_0 d_0^3}{\pi^2 d} \left(\frac{4Q_1 d_0}{\pi \sigma_p} \right)^{-1/2} (Q_1 - Q_0), \quad (7)$$

где введено следующее обозначение:

$$P_{y\delta} = \frac{48\mu_0 d_0^2}{\pi^2 x} \omega Z_n \left(\frac{2I\omega^2}{\pi \sigma_p} \right)^{-1/2} \left(\frac{I\omega^2}{2} - \frac{27\pi(1-2\mu_0)\sigma_p^2 d_0^3}{96\mu_0 E_0 x} \right). \quad (10)$$

Согласно расчетной схеме на рисунке 2 момент инерции ротора с ударными элементами можно представить в следующем виде:

$$I = J_{u_1} + J_1 + J_{u_2} + J_2, \quad (11)$$

где J_{u_1} – момент инерции верхнего цилиндра

$$Q_0 = \frac{27\pi(1-2\mu_0)\sigma^2 d_0^4}{96\mu_0 E_0 d}, \quad (8)$$

здесь μ_0 – коэффициент Пуассона; E_0 – модуль Юнга; d – средний размер частиц материала, получающихся в результате разрушения исходной частицы материала. В формулах (3) – (5) индекс « i » принимает значение 1 или 2, которые соответствуют первому и второму случаю.

Степень дробления в камере равна:

$$x = \frac{d_0}{d} \quad (9)$$

Подстановка (6), (9) и (7) в (1) позволяет получить следующее соотношение:

радиуса r :

$$J_{u_1} = \frac{m_c}{2} r^2 = \frac{\rho_c \pi r^4 h_1}{2}, \quad (12)$$

где m_c – масса стали ротора.

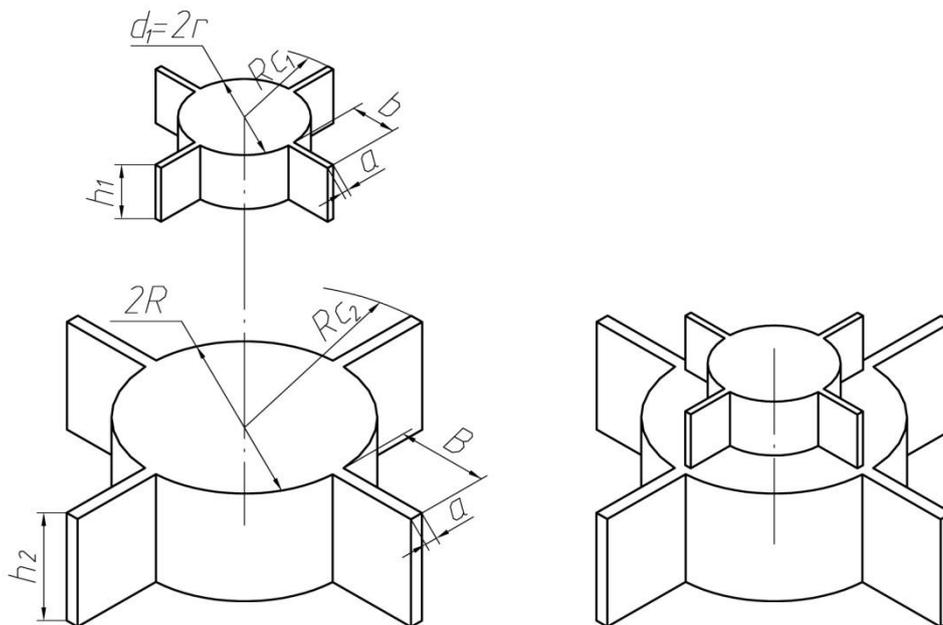


Рис. 2. Расчетная схема для определения момента инерции ротора в камере предварительного разрушения

$$J_1 = 4 \int_r^{r+b} \frac{m_1}{b} r^2 dr = \frac{4m_1}{3b} (3br^2 + 3b^2r + b^3), \quad (13)$$

$$J_{u_2} = \frac{m_c}{2} R^2 = \frac{\pi}{2} \rho_c R^4 h_2, \quad (14)$$

$$J_2 = 4 \int_R^{R+B} \frac{m_2}{B} R^2 dR = \frac{4m_2}{3B} (3BR^2 + 3B^2R + B^3) \quad (15)$$

В выражения (12)- (15) ρ_c – плотность стали; m_1 и m_2 – масса ударного элемента верхней и нижней ступени соответственно; h_1 – высота верхней ступени ротора камеры предварительного разрушения; h_2 – высота нижней ступени ротора камеры предварительного разрушения; r_0 – радиус верхней ступени; R – радиус нижней ступени; b – ширина ударного элемента верхней ступени; B – ширина ударного элемента нижней ступени.

Таким образом, полученное соотношение (10) определяет мощность, которую необходимо затратить ротору, чтобы разрушить материал в камере предварительного измельчения.

Определение мощности, расходуемой на транспортировку воздушно-материального потока в камере предварительного измельчения, представим в следующем виде:

$$P_T = P_{T_1} + P_{T_2} \quad (16)$$

здесь P_{T_1} - мощность, расходуемая ротором в камере предварительного измельчения на транспортировку воздушного потока;

P_{T_2} - мощность, расходуемая ротором в камере предварительного измельчения на транспортировку частиц материала.

Величины мощности в (16) можно определить, исходя из следующих соотношений:

$$P_{T_1} = \frac{\rho_{\varepsilon} V_{\varepsilon}}{2} u_0^2 \cdot \omega, \quad (17)$$

$$P_{T_2} = Q_2 \cdot \omega \cdot Z_n, \quad (18)$$

где ρ_{ε} - плотность воздуха; V_{ε} - объем воздуха, который сходит с ударных элементов ротора в

$$P_{T_1} = \frac{\rho_{\varepsilon}}{2} a \cdot b \cdot h \cdot Z_n \cdot \omega^3 R_c^2 \left(1 - \frac{2h}{R_c} - \frac{h^2}{R_c^2} \right). \quad (21)$$

Значение энергии, вводимой в частицу материала при ударе последней об плоскую преграду, которое определяется соотношением:

$$Q_2 = \frac{m v_c^2}{2}, \quad (22)$$

где m - масса частицы, сходящей с ударного элемента камеры предварительного разрушения;

v_c - скорость схода частицы материала с ударного элемента.

Значения данных величин определяются следующими соотношениями:

$$P_{T_2} = \rho \frac{\pi d_0^3}{6} Z_n \cdot \omega^3 R_c^2 \cdot \left(1 + \frac{\left(1 - \frac{l}{2R_c} \right)^2}{4f^2} \right). \quad (25)$$

С учетом (9), (21) и (25) выражение (16) окончательно можно привести к следующему

$$P_T = \rho d_0^3 \omega^3 R_c^2 Z_n \left[\frac{\rho_{\varepsilon}}{2\rho} \cdot \frac{a \cdot b \cdot h}{d_0^3} \left(1 - \frac{2h}{R_c} - \frac{h^2}{R_c^2} \right) + \frac{\pi}{12 \cdot x^3} \left(1 + \frac{\left(1 - \frac{l}{2R_c} \right)^2}{4f^2} \right) \right]. \quad (26)$$

Таким образом, полученное соотношение (26) определяет величину мощности, которую необходимо затратить на предварительное измельчение материала и транспортировку воздушно-материального потока.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Протасов Ю.И. Разрушение горных пород. М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2002. 423 с.

камере предварительного измельчения [3],

$$V_{\varepsilon} = a \cdot b \cdot h \cdot Z_n, \quad (19)$$

здесь a, b, h - геометрические размеры ударного элемента, задающие ширину, толщину и высоту соответственно ударного элемента; u_0 - скорость схода воздушного потока с ударного элемента, которая согласно результату работы [2] определяется выражением:

$$u_0 = \omega \sqrt{h(2R_c - h)}. \quad (20)$$

С учетом (16), (17) соотношение (14) принимает вид:

$$m = \frac{\pi d_0^3}{6} \cdot \rho, \quad (23)$$

$$v_c = \omega R_c \sqrt{1 + \frac{\left(1 - \frac{l}{2R_c} \right)^2}{4f^2}}, \quad (24)$$

здесь d_0 - диаметр частицы, сходящей с ударного элемента, ширина которого l и радиус R_c ; f - коэффициент трения частицы материала о поверхность ударного элемента.

Подстановка (22), (24) в (18) позволяет придать (14) следующий вид:

виду:

2. Ключков Н.В., Блиничев В.Н., Бобков С.П., Пискунов А.В. Методика расчета воздуха в центробежно-ударной мельнице / Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 1982. №2. С 230-232.

3. Семикопенко, И.А. Дезинтегратор с эксцентричным расположением рядов рабочих элементов : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.13 / И.А. Семикопенко ; БелГТАСМ. - Белгород., 1998. - 136.