

РАСЧЕТ СРЕДНЕВЗВЕШЕННОГО ДИАМЕТРА МЕЛЮЩЕГО ШАРА ТРУБНОЙ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ ПРИ ВОДОПАДНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

v.s_bogdanov@mail.ru

В данной работе предлагается расчет средневзвешенного диаметра мелющего шара трубной шаровой мельницы в первой ее камере, т.е. при водопадном режиме работы мелющих тел. Получена математическая зависимость среднего диаметра мелющего тела \bar{d} от размеров частиц исходного материала R_2 и среднего размера частиц конечного продукта d_0 .

Ключевые слова: диаметр, мелющий шар, материал, энергия.

Несмотря на успехи достигнутые в области развития оборудования для помола различных материалов, а именно разработку новых агрегатов таких, как валковые и струйные мельницы, агрегаты для предварительного измельчения – пресс – валки, однако в России как и во всех других странах основным помольным агрегатом остаются трубные шаровые мельницы. Их характеризует высокая производительность, надежность в работе, простота конструкции, но кроме преимуществ они обладают и рядом недостатков: низкий КПД, большие удельные энергозатраты.

Наиболее распространенным способом повышения эффективности работы трубных шаровых мельниц является замкнутый цикл измельчения. Однако переоборудование открытого цикла в замкнутый требует значительных капитальных вложений на приобретение сепаратора, что на данном этапе развития экономики вызывает затруднение. Совершенствование работы трубных мельниц идет по нескольким направлениям: совершенствование конструкции и надежности межкамерных перегородок, внутримельничных классифицирующих устройств и футеровок, подбор рационального режима аспирации и работы мелющих тел [1].

При работе ТШМ используется шаровая загрузка барабана мельницы, состоящая из набора мелющих шаров различного диаметра. В силу того, что при водопадном режиме работы ТШМ разрушение материала, в основном, происходит за счет кинетической энергии, накопленной мелющим телом в конце движения по параболической траектории.

При этом, согласно результатам работы [2] разрушение материала при ударе шаром происходит только в том случае, если энергия передаваемая мелющим шаром материалу будет больше некоторого минимального значения. На основании сказанного выше можно ввести понятие

среднего значения диаметра мелющего шара \bar{d} . При этом кинетическая энергия шара, имеющего диаметр \bar{d} должна равняться минимальному значению энергии, которое необходимо передать материалу, чтобы происходило разрушение.

Так как массу мелющего шара, имеющего диаметр \bar{d} и плотность ρ можно определить согласно соотношению:

$$m = \frac{\pi \cdot (\bar{d})^3}{6} \cdot \rho, \quad (1)$$

Тогда значение кинетической энергии мелющего тела в конце параболического участка траектории задается следующим соотношением:

$$T = \frac{m \cdot \mathcal{G}^2}{2}, \quad (2)$$

где, \mathcal{G} – скорость шара, имеющего диаметр \bar{d} в точке контакта с материалом определяется, следующим соотношением:

$$\mathcal{G} = \psi \cdot \sqrt{g \cdot R \cdot (9 - 8 \cdot \cos^2 \alpha)}, \quad (3)$$

здесь g – ускорение свободного падения;

R – радиус барабана ТШМ;

α – угол отрыва мелющего тела от корпуса барабана ТШМ, который с относительной частотой вращения мельницы связан соотношением:

$$\alpha = \arccos \psi^2, \quad (4)$$

С учетом соотношений (1), (3), (4) выражение (2) можно представить в следующем виде:

$$T = \frac{\pi \cdot (\bar{d})^3}{12} \cdot \psi^2 \cdot (9 - 8 \cdot \psi^4) \cdot \rho \cdot g \cdot R, \quad (5)$$

С другой стороны на основании результата работы [1] необходимый минимум энергии, который нужно передать частице материала, что-

бы произошло ее разрушение определяется следующим соотношением:

$$A_{\min} = \frac{12\pi \cdot \mu_2 \cdot (1 - 2 \cdot \mu_2) \cdot \delta^{\frac{1}{2}} \cdot \sigma \cdot R_2^4}{(2 - \mu_2) \cdot \sqrt{2 \cdot (1 + 2 \frac{R_2}{\bar{d}})}} \cdot \frac{1}{d_0}, \quad (6)$$

$$\delta = \left(\frac{5}{4} \cdot \pi \cdot A \cdot g^2 \cdot \rho \cdot \frac{\sqrt{1 + \frac{2 \cdot R_2}{\bar{d}}}}{\left(1 + \frac{\rho \cdot 8 \cdot R_2^3}{\rho_1 \cdot (\bar{d})^3}\right)} \right) \quad (7)$$

где μ_2 ; ρ_1 - ,
 σ - ;
 ;
 d_0 , - ;
 ;
 R_2 - ;

$$A = \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2}, \quad (8)$$

(5) (6)

$$\frac{(\bar{d})^3}{12} \cdot \Psi^2 \cdot (9 - 8 \cdot \Psi^4) \cdot \rho \cdot g = \frac{12 \cdot \mu_2 \cdot (1 - 2 \cdot \mu_2) \cdot \delta^{\frac{1}{2}} \cdot \sigma \cdot R_2^4}{(2 - \mu_2) \cdot \sqrt{2 \cdot (1 + \frac{2 \cdot R_2}{\bar{d}})}} \cdot \frac{1}{d_0} \quad (9)$$

(7) (3) ; (9)

$$\frac{(\bar{d})^3}{12} \cdot \Psi^2 \cdot (9 - 8 \cdot \Psi^4) \cdot \rho \cdot g \cdot R = \frac{12 \cdot \mu_2 \cdot (1 - 2 \cdot \mu_2) \cdot \sigma \cdot R_2^4}{(2 - \mu_2) \cdot d_0} \cdot \left(\frac{5}{4} \cdot \pi \cdot A \cdot g \cdot R \cdot \Psi^2 \cdot (9 - 8 \cdot \Psi^4) \cdot \rho \cdot \frac{\sqrt{1 + \frac{2 \cdot R_2}{\bar{d}}}}{\left(1 + \frac{\rho \cdot 8 \cdot R_2^3}{\rho_1 \cdot (\bar{d})^3}\right)} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (10)$$

$$\frac{(\bar{d})^3}{12} \cdot (\Psi^2 \cdot (9 - 8 \cdot \Psi^4) \cdot \rho \cdot g \cdot R)^{\frac{4}{5}} = \frac{12 \cdot \mu_2 \cdot (1 - 2 \cdot \mu_2) \cdot \sigma \cdot R_2^4}{\sqrt{2} \cdot (2 - \mu_2) \cdot d_0} \cdot \frac{\left(\frac{5}{4} \cdot \pi \cdot A}{\left(1 + \frac{\rho \cdot 8 \cdot R_2^3}{\rho_1 \cdot (\bar{d})^3}\right)} \right)^{\frac{1}{5}}}{\left(1 + \frac{2 \cdot R_2}{(\bar{d})^3}\right)^{\frac{3}{10}}} \quad (11)$$

(10)

;

$$\bar{d} = 2,38 \cdot 10^{-11} ; \quad \psi = 0,76; R=2 ; g=9,81 / ^2;$$

$$\rho = 7800 / ^3; \rho_1 = 3300 / ^3;$$

$$\mu_2 = 1/3; \sigma = 20 .$$

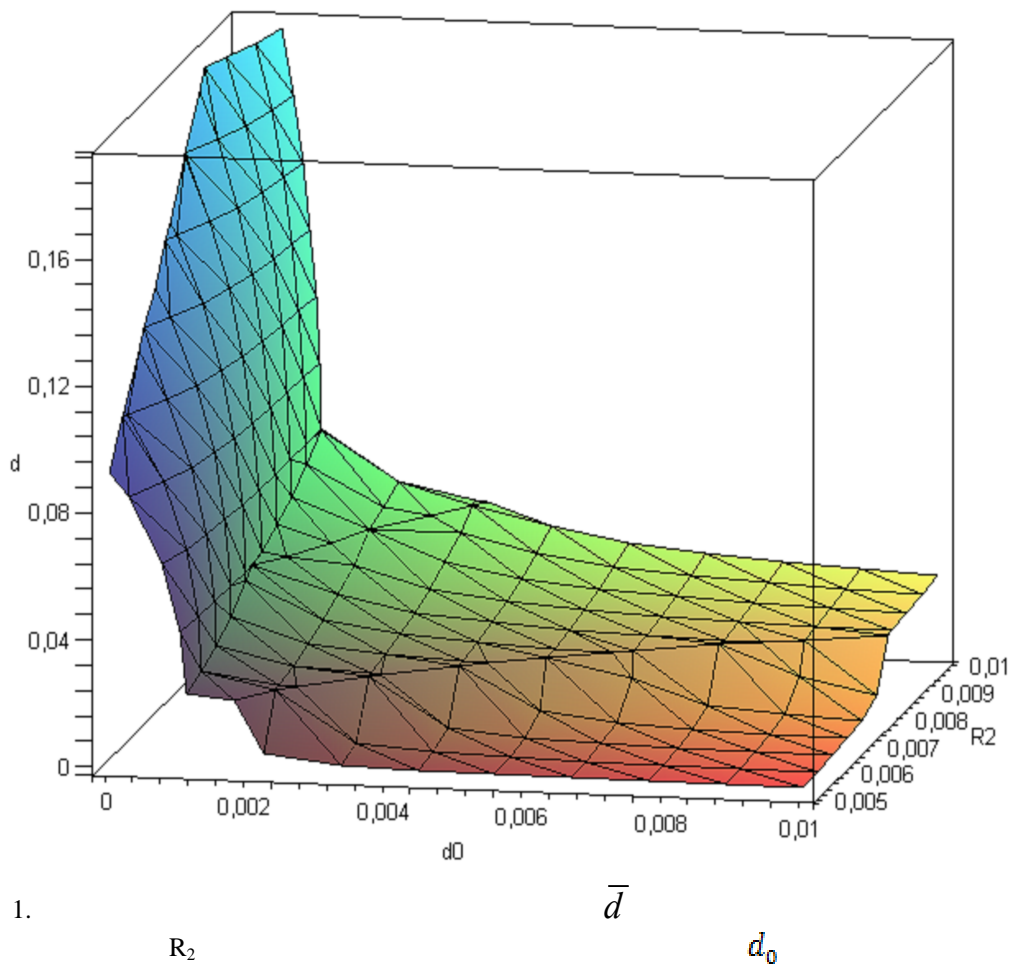
(11)

:

$$1.4651 \cdot 10^5 \cdot \bar{d}^3 = \frac{6.998 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{\sqrt{1 + \frac{2 \cdot R_2}{\bar{d}}}}{1 + 18.9091 \cdot R_2^3 / (\bar{d})^3} \right)^{\frac{1}{5}} \cdot R_2^4}{d_0 \cdot \sqrt{2 + \frac{4 \cdot R_2}{\bar{d}}}} \quad (12)$$

(12)

$$\bar{d} = \frac{R_2}{d_0} \quad (1)$$



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богданов, В. С. // «...», 2010 – 1(26) – 5-19.
2. Шаранов, Р. Р. // ... , 2008 - 270 .