

Список литературы: 1. *Богачевский Е.Ф.* Химия и технология цементов / *Е.Ф. Богачевский, И.В. Рыжков*. – М.: Химия, 1974. – 656 с. 2. *Павлов О.В.* Фосфатное связующее и его применение в изобразительном искусстве / *О.В. Павлов* // Изв. АН СССР. – 1979. – Сер. Неорг. материалы. – Т. 15, № 6. – С. 985 – 988. 3. *Антрапачева Н.М.* Об условиях синтеза твердого раствора $Zn_2Co_2P_2O_7 \cdot 5H_2O$ // *Н.М. Антрапачева, Н.В. Ткачова* // Вопросы химии и хим. технологии. – 2007, № 6. – С. 7 – 12. 4. *Антрапачева Н.М.* Твeрдoфазнoе термичeскoе пoрoдoтвoрeниe $Mn_2P_2O_7 \cdot 5H_2O$ // *Н.М. Антрапачева, Н.В. Ткачова* // Укр. хим. журн. – 2007. – Т. 73, № 10. – С. 104 – 111. 5. *Effenberg F., Perdik H.* Comparison of the crystal structures of $Co_2(X_2O_7) \cdot 2H_2O$, X = P and As // *H. Effenberg, F. Perdik* // Monatshefte für Chemie. – 1993. – V. 124. – P. 381 – 389. 6. Powder Diffraction File JCPDS. Published by International Centre for Diffraction Data, Swarthmore, USA. – 1986. – k. 79. 0825. 7. *Мельникова Р.Я.* Атлас инфракрасных спектров фосфатов. Конденсированные фосфаты / *Р.Я. Мельникова, В.В. Печковской, Б.Д. Дябова и др.*. – М.: Наука, 1985. – 240 с.

Поступила в редакцию 20.05.09

УДК 66.022.32:621.926.3

Б.В. ВИНОГРАДОВ, докт. техн. наук, **И.А. ОСТАШКО**, ГВУЗ УГХТУ
г. Днепродзержинск, Украина

ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ МЕЛЬНИЦ С S-ОБРАЗНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

В статье пропонується новий робочий орган відцентрового млина, з метою зменшення енерговитрат при подрібненні твердих залишків пролізу літених автомобільних шин. Наведені результати експериментальних досліджень витоків енерговитрат при подрібненні, запропоновану метод обчислення потужності млина.

New structural solution of centrifugal mills of shock action is offered in the article, with the purpose of increase of efficiency of their using for grinding down of hard tailings of pyrolysis of treadbure from car tires. Conclusions are done on the basis of theoretical and experimental researches about efficiency of S-similar working organ and directions of subsequent researches are indicated.

Актуальность работы. Процессы измельчения широко используются во многих отраслях промышленности. В частности, химической промышленности при производстве минеральных удобрений, наполнителей красок, сырья при производстве вяжущих материалов и многих других видов продукции. Процессы измельчения являются весьма энергоскими. В ряде работ отмечается, что в настоящее время на измельчение затрачивается 5 – 10 %

производимой в мире энергии [1]. Особо энергоскими являются процессы тонкого и сверхтонкого измельчения, поэтому вопросы снижения удельных энергозатрат на измельчение того или другого материала являются наиболее актуальными.

Постановка цели и задачи исследования. Высокие энергозатраты процесса измельчения, прежде всего, связаны с тем, что используемые для измельчения машины имеют низкий КПД, который составляет несколько процентов [2]. Для тонкого измельчения материалов все более широкое применение находят среднеходные и центробежные мельницы, у которых удельный расход электроэнергии на измельчение материала почти в два раза ниже по сравнению с барабанными мельницами [2]. Удельные энергозатраты центробежно-ударных мельниц в значительной степени определяются конструкцией рабочего органа. В настоящее время наиболее широкое распространение и центробежных мельницах ударного действия получили рабочие органы, содержащие дисковый ротор с билльными элементами в виде лопаток на периферии. При работе мельницы с таким рабочим органом энергия в основном расходуется на лобовое сопротивление среды и преодоление сил трения. Доля энергии, расходуемая непосредственно на разрушение шевелка, поэтому определенный интерес представляет исследование процесса измельчения материалов в мельницах, оборудованных рабочим органом с сравнительно небольшим лобовым сопротивлением и поверхностью трения.

В данной работе оценивается эффективность измельчения в центробежной мельнице оборудованной рабочим органом S-образной формы, одна из двух симметричных частей которого представлена на рис. 1.

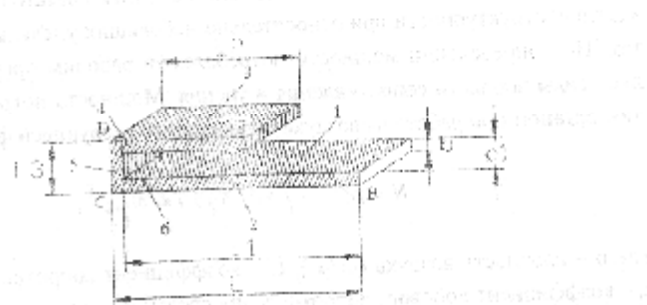


Рис. 1. Исследуемый S-образный рабочий орган

Предлагаемый рабочий орган обладает минимальным лобовым сопротивлением.

тиалением и поверхностью трения. Тонкому измельчению подвергались твердые остатки пиролиза изношенных автомобильных шин, что необходимо для использования их в качестве наполнителя эластомеров.

Изложение основного материала и результаты исследований. Измельчение проводилось в лабораторной мельнице оборудованной S-образным рабочим органом длиной 69 мм и шириной 10 мм при частоте вращения ротора 8000 об/мин. После обработки материал извлекался и подвергался анализу на адсорбцию дибутилфталата (ДБФ), как показателя структурности.

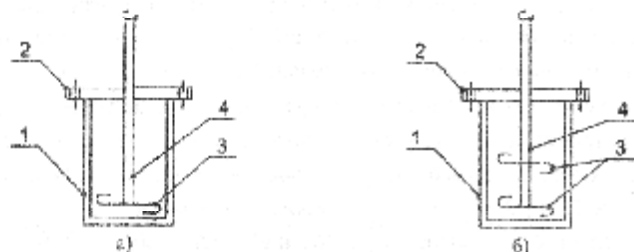


Рис. 2. Схема лабораторной установки.

Рабочие органы: а) S-образной формы; б) два S-образных рабочих органа. 1 - корпус; 2 - крышка; 3 - рабочий орган; 4 - вал.

На рис. 3 показано влияние удельных энергозатрат на показатель ДБФ для рабочих органов, (рис.2) соответственно.

Результаты экспериментов показали, что при измельчении твердых остатков пиролиза изношенных шин можно получить достаточно высокие показатели структурности при относительно небольших удельных энергозатратах. При определении мощности потребляемой рабочим органом, учитывались силы лобового сопротивления и трения. Мощность потребляемая рабочим органом при работе на воздухе определяется следующей формулой

$$N = \rho(C \cdot A_1 + \xi \cdot A_2) \cdot (k \cdot \omega_p)^3, \quad (1)$$

где ρ - плотность воздуха (кг/м^3); C - коэффициент сопротивления трению; ξ - коэффициент лобового сопротивления среды; ω_p - угловая скорость ротора (рад/с); k - коэффициент, учитывающий действительное движение воздуха относительно рабочего органа ($k < 1$); A_1, A_2 - коэффициенты учитывающие геометрические параметры рабочего органа.

$$A_1 = (b \cdot L^3 + L_1^3) \cdot \frac{3}{4} L + (b_1 \cdot L_2^2 + b_1 \cdot (L_3 - 2b)^2 \cdot L + b_1 \cdot \frac{L^3}{3} - b_1 \cdot \frac{(L - L_2)^3}{3} - b \cdot \frac{L^3}{3} - b \cdot \frac{(L - L_2)^3}{3} + b_1 \cdot \frac{(L - b)^3}{3}) \cdot \frac{3}{4} \frac{L^4 - (L - L_1)^4}{L^3 - (L - L_1)^3}, \quad (2)$$

$$A_2 = \frac{3}{4} L^3 + L^3 + \frac{3}{4} \left(\frac{L^3}{3} - \frac{(L - L_1)^3}{3} \right) \cdot \frac{L^4 - (L - L_1)^4}{L^3 - (L - L_1)^3}, \quad (3)$$

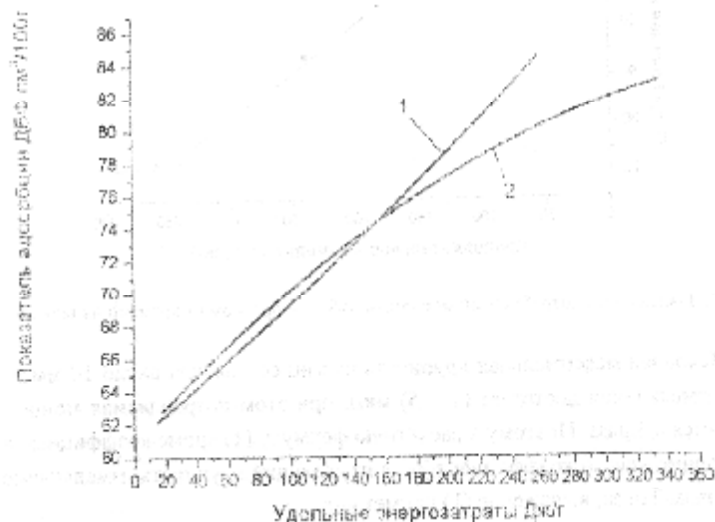


Рис. 3. Влияние удельных энергозатрат на показатель ДБФ 1,2 - для рабочих органов, представленных на (рис. 2) а, б. - соответственно.

В существующих методиках при расчете мощности принимают плотность смеси воздуха с измельчаемым материалом равномерно распределенную по всему объему. В действительности, в результате действия центробежных сил, плотность среды неравномерно распределена по рабочему объему и зависит от крупности измельчаемых частиц.

Кроме того от крупности частиц зависит относительная скорость смеси, чем крупнее частицы, тем меньше относительная скорость и больше потребляемая мощность. Последнее подтверждает экспериментальная зависимость потребляемой мощности от времени при измельчении твердых остатков пиролиза изношенных шин (рис. 4).

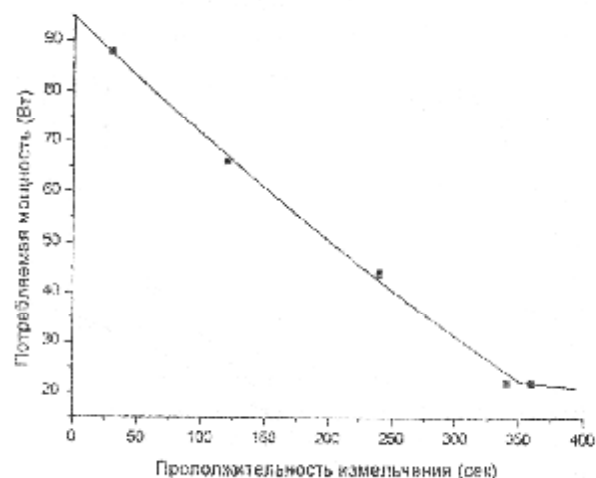


Рис. 4. Зависимость потребляемой мощности рабочим органом от времени измельчения

Исходная максимальная крупность частиц составляла около 10 мм и по мере измельчения достигает (1 – 5) мм, при этом потребляемая мощность снижается в 4 раза. Поэтому в расчётную формулу (1) кроме коэффициента k , необходимо ввести коэффициент k_1 , учитывающий крупность измельчаемого материала. Тогда, выражение (1) примет вид:

$$N = k_1 \rho (C \cdot A_1 + \xi \cdot A_2) \cdot (k \cdot \omega_p)^3 \quad (4)$$

На рис. 5 представлена расчетная и экспериментальная зависимость потребляемой мощности от частоты вращения ротора. Сравнение расчетной и экспериментальной зависимости показало, что в условиях эксперимента $k^3 \cdot k_1 = 0,12$. Предполагая, что в конце процесса измельчения, при крупно-

сти частиц (1 – 5) мм твердые частицы движутся с воздухом с одинаковой скоростью, получим коэффициент $k_1 = 1$. В этом случае $k = \sqrt[3]{0,12 / k_1} = 0,49$

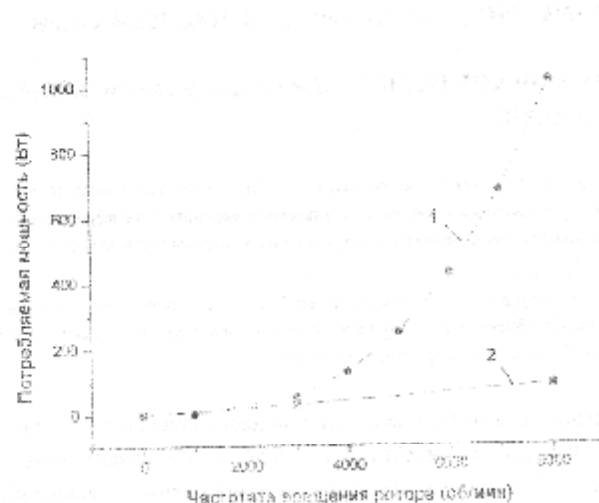


Рис. 5. Зависимость потребляемой мощности рабочим органом от частоты вращения: 1 – расчетные данные; 2 – экспериментальные данные.

Выводы

1. Предложена формула, определяющая мощность потребляемую S-образным рабочим органом, которая зависит от геометрических параметров рабочего органа, плотности смеси, крупности твердых частиц, скорости относительного движения рабочего органа $k \cdot \omega$. Экспериментально установлено, что при измельчении твердых остатков пиролиза изношенных шин коэффициент, учитывающий действительное движение воздуха k , приблизительно равен 0,5.

2. Оборудование центробежной мельницы S-образным рабочим органом позволяет измельчать твердый остаток процесса пиролиза шин при относительно низких удельных энергозатратах.

Список литературы: 1. Лавин Л.А. Среднемолекулярные и высокомолекулярные материалы. КФ УРПИИТ – М.: 1981. – 366 с. 2. Серго Е.Б. Проблемы измельчения и грохочения полимерных неклассовых / Е.Б. Серго. – М.: 1985. – 285 с.

Поступила в редакцию 16.06.09