

3. Круглов И.И., Вайтехович П.Е. Интенсификация процесса распушки асбеста в скоростном гидропушителе // Высокие технологии и научно-технический прогресс в строительном комплексе Республики Беларусь: Тез. докл. Международной конф. – Мн.: НИИСМ, 1999. – С. 88.

4. Вайтехович П.Е., Петров О.А. Исследование и оптимизация гидродинамических кавитационных диспергаторов // Труды БГТУ. Серия III. Вып. VIII. 2000. – С. 237 – 244.

5. Терентьев О.А. Гидродинамика волокнистых суспензий в целлюлозно-бумажном производстве. – М.: Лесная промышленность, 1980. – 248 с.

6. Шульман З.Н., Берковский Б.М. Пограничный слой неньютоновских жидкостей. – Мн., 1966.

7. Тябин Н.В. Реологическая кибернетика. Ч.1. – Волгоград, 1977.

8. Фортъе А. Механика суспензий. – М., 1971.

9. Петров О.А., Волк А.М., Вайтехович П.Е. Расчет параметров каверны в кавитационном аппарате // Труды БГТУ. Серия III. Вып. IX. 2001. – С.106 – 110.

10. Sue J.S. Agitation and Mixing of Non-Newtonian Fluids (Part I and II) // Chemical and Process Engineering. – 1968. – №8.

11. Фляте Д.М., Глобус Ф.Е. Хлопьеобразование волокнистых суспензий в зависимости от их концентраций // Целлюлоза, бумага, картон. – 1973. – № 4.

12. Шукин Е.Д., Ребиндер Е.А. О механизме упругого последействия в структурированных суспензиях бентонита малой концентрации // Коллоидный журнал. – 1971. – № 3.

УДК 621.926.3

В.С. Францкевич, аспирант; А.А. Гарабажиу, ассистент

ДВИЖЕНИЕ ОДИНОЧНОЙ ЧАСТИЦЫ ИЗМЕЛЬЧАЕМОГО МАТЕРИАЛА В КОЛЬЦЕВОМ ЗАЗОРЕ СРЕДНЕХОДНОЙ МЕЛЬНИЦЫ

The analyzed equations of motion of a firm particle in a ring backlash bowl mill. The model of motion of a particle is received at axial supply of gas. The relation of speed of a particle in a backlash from speed of gas for her various sizes is constructed.

В настоящее время основными агрегатами для помола в промышленности строй-материалов пока что остаются шаровые барабанные мельницы. Расход энергии в них на помол материалов очень высок и его снижение является весьма актуальной задачей. Поэтому необходим переход к принципиально новым конструкциям мельниц. Наиболее перспективными являются среднеходные, которые широко используются за рубежом [1].

Процесс помола в среднеходных мельницах изучен пока недостаточно, что сдерживает их практическое применение. На основе экспериментальных данных определены только некоторые технологические параметры и соотношения геометрических размеров [2, 3]. Рассмотрены также отдельные моменты движения материала по тарелке [4]. Однако эти экспериментальные и теоретические работы не дают возможности провести комплексный расчет помольного агрегата и оптимизировать его параметры.

Ранее нами была предложена математическая модель движения одиночной частицы по вращающейся тарелке мельницы [5]. Были рассмотрены уравнения движения твердой частицы по вращающейся тарелке. Используя полученную модель, можно оп-

ределить оптимальное количество валков, исходя из условия гарантированного попадания частицы под валок. Построены зависимости полной и относительной скорости частицы и угла ее отрыва с тарелки от частоты вращения последней. По этим графикам определяется оптимальный диапазон частот вращения размольной тарелки.

Следующим этапом разработки комплексного расчета помольного агрегата является создание модели движения частицы в кольцевом зазоре после отрыва ее с тарелки. В качестве начальных условий для этой задачи принимаются полная скорость частицы на выходе с тарелки и угол ее отрыва, которые рассчитываются по модели, разработанной ранее [5].

На частицу в газовом потоке действует большое количество сил. Однако, учитывая небольшие размеры частицы и используя ряд допущений [6–8], можно сделать вывод, что существенное влияние на ее движение оказывают сила тяжести (G), сила аэродинамического воздействия потока (P) и сила инерции (F_{II}) (рис. 1).

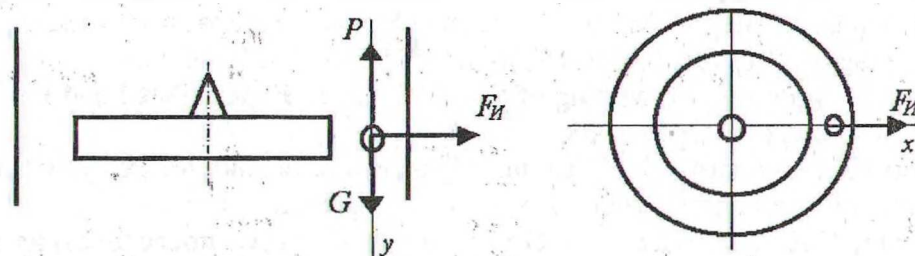


Рис. 1. Расчетная схема

В общем виде уравнение движения одиночной частицы материала в кольцевом зазоре между кромкой тарелки и корпусом мельницы может быть представлено следующим образом:

$$m \cdot \frac{d\bar{U}}{d\tau} = \sum_{i=1}^q \bar{F}_i, \quad (1)$$

где \bar{U} — скорость движения частицы в кольцевом зазоре, м/с; τ — время движения частицы, с; q — количество внешних сил, действующих на частицу, шт.; F_i — внешние силы, Н.

Из аэродинамики известно, что сила аэродинамического воздействия потока определяется по формуле [8]

$$P = k \cdot c \cdot \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \rho_0 \cdot (W - U_y)^2}{8}, \quad (2)$$

где k — коэффициент формы частиц ($k = 1$ — для шаровидных частиц); c — коэффициент аэродинамического сопротивления; ρ_0 — плотность газа; U_y — проекция скорости частицы на ось y ; W — осевая скорость потока газа в кольцевом зазоре, м/с; d — приведенный диаметр частицы.

Коэффициент аэродинамического сопротивления зависит от формы частицы, что обычно учитывается коэффициентом формы, и главным образом от числа Рейнольдса, величина которого для частицы шаровидной формы определяется по формуле:

$$Re = \frac{d \cdot |W - U_y|}{\nu_a}, \quad (3)$$

где ν_B — кинематическая вязкость газа, $\text{м}^2/\text{с}$.

Коэффициент аэродинамического сопротивления (c), входящий в формулу (2), можно определить по известной формуле Клячко [8]

$$c = \frac{24}{Re} + \frac{4}{\sqrt[3]{Re}} = \frac{24}{Re} \cdot (1 + 0,17 \cdot Re^{2/3}), \quad (4)$$

Сила инерции определяется по формуле

$$F_u = m \frac{v_\tau^2}{R}, \quad (5)$$

где v_τ — тангенциальная скорость частицы на выходе с тарелки; R — текущий радиус.

Таким образом, учитывая только силу инерции ($\overline{F_u}$), силу тяжести (\overline{G}) и силу аэродинамического воздействия воздуха (\overline{P}), в проекциях на оси X и Y получим следующую систему дифференциальных уравнений движения частицы в кольцевом зазоре:

$$\begin{cases} m \frac{du_x}{dt} = F_u; \\ m \frac{du_y}{dt} = P - G. \end{cases} \quad (6)$$

Подставляя в систему дифференциальных уравнений (6) выражения (2), (5) и выполнив соответствующие преобразования, окончательно получим

$$\begin{cases} \frac{du_x}{dt} = \frac{v_\tau^2}{R}; \\ \frac{dR}{dt} = U_x; \\ \frac{du_y}{dt} = k \cdot c \frac{\pi \cdot d^2 \rho_0 \cdot (W - U_y)^2}{8 \cdot m} - g. \end{cases} \quad (7)$$

Получить аналитическое решение системы дифференциальных уравнений (7) не представляется возможным. Поэтому расчет системы осуществлялся численным методом Рунге-Кутты с использованием ЭВМ. При этом за начальные условия принимались следующие: $\tau = 0$, $R = 0$, $v_\tau = 0,609 \text{ м/с}$, $v_y = 0$. Значение скорости v_τ вычисляется по формуле

$$v_\tau = v_n \cdot \cos \gamma, \quad (8)$$

где v_n — полная скорость частицы на выходе с тарелки; γ — угол отрыва частицы с тарелки.

Полная скорость частицы на выходе с тарелки и угол отрыва частицы вычисляются по методике, изложенной в работе [5].

Таким образом, решая методом Рунге-Кутты систему дифференциальных уравнений, а также принимая во внимание начальные условия, нами были получены численные значения скоростей U_x и U_y при различных значениях текущего радиуса.

Полная скорость движения одиночной частицы материала в кольцевом зазоре мельницы определяется по следующей формуле:

$$U_n = \sqrt{U_x^2 + U_y^2} . \quad (9)$$

Решая систему (7) для различных скоростей газа и размеров частицы, находя соответствующую полную скорость частицы в кольцевом зазоре, получили следующую зависимость (рис. 2):

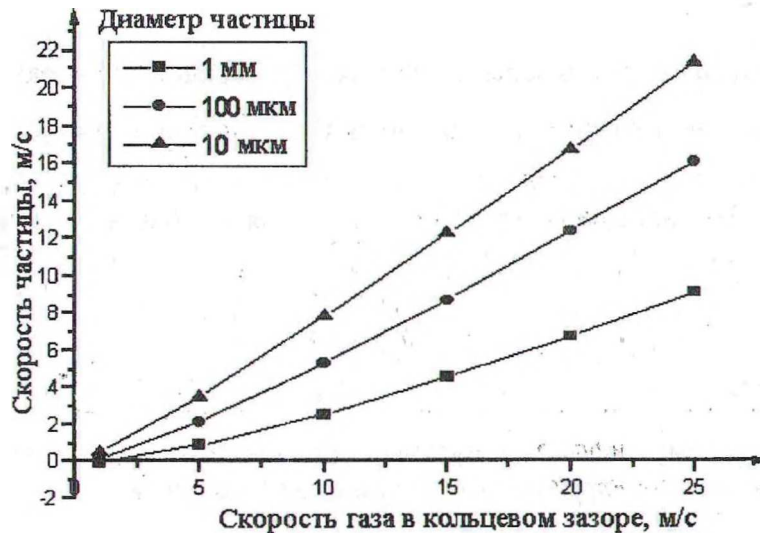


Рис. 2. Зависимость полной скорости частицы в кольцевом зазоре мельницы от скорости газа

Данная модель рассматривает движение частицы в кольцевом зазоре между тарелкой и корпусом мельницы для осевой подачи газа. Полученные данные можно использовать для исследования поведения частицы материала в верхней части мельницы (перед классификатором). В то же время необходимо дальнейшее рассмотрение поведения частицы в кольцевом зазоре при усложнении движения газа, т.е. в закрученном потоке (при его подаче через тангенциальный ввод).

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. – М.: Недра, 1988. – 415 с.
2. Летин Л.А., Роддатис К.Ф. Среднеходные и тихоходные мельницы. – М.: Энергоиздат, 1981. — 360 с.
3. Князев А.С., Чулков В.В., Хомченко Г.Л. Исследование лабораторной валковой мельниц: Сб. тр. / ВНИИЦеммаш. – Тольятти, 1985. – С. 47 — 51.
4. Маркман Я.Б., Силкина В.И. К расчету движения материала на размольной тарелке вертикальной роликовой мельницы: Сб. тр. / ВНИИЦеммаш. – Тольятти, 1985. – С. 58 — 67.
5. Францкевич В.С., Вайтехович П.Е. Оптимизация движения материала по размольной тарелке среднеходной мельницы: Сб. тр./БГТУ. Сер. химии и технологии неорганич. в-в. — 2001. Вып 9. — С. 109 — 113.

6. Медников Е.П. Турбулентный перенос и осаждение аэрозолей. – М.: Наука, 1980. – 324 с.
7. Теплотехнические основы циклонных толочных и технологических процессов / А.Б. Резняков, Б.П. Устименко. – Алма-Ата: Наука, 1974. – 374 с.
8. Бусроид Р. Течение газа со взвешенными частицами. – М.: Мир, 1975. – 378 с.

УДК 666.97: 666.942

В.Ю. Мурог, аспирант; П.Е. Вайтехович, доцент; Ю.М. Костюнин, доцент

ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКТИВИРОВАННОГО ЦЕМЕНТА НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

The activation is a process of processing of cement, concrete mixes by various mechanical, physical and chemical methods for more full use of knitting properties of cement. The activation conducts to increase of a specific surface knitting, change of surface structure of particles, occurrence of physical defects in lattices of minerals accelerating elementary interactions of a surface layer with water. Use of activated cement allows to increase strength of concrete products at the identical contents of cement in a mixture on 16–35 of % (depending on a way of forming and conditions hardening of concrete), or to lower the consumption of cement on 5–15 of % at obtaining full-strength of products.

Появление высокоэффективной измельчительной техники стимулировало возрождение интереса к механическим методам активации химических реакций в неорганических системах. Увеличилось число публикаций, появились монографии, сформировались различные научные школы и направления. В частности, для промышленности строительных материалов важным является уменьшение расхода вяжущих материалов за счет их механической активации.

Активация в данном случае – это процесс обработки цемента, цементного теста, бетонных смесей различными механическими, физическими и химическими методами для более полного использования вяжущих свойств цемента. Активация ведет к увеличению удельной поверхности вяжущих, изменению поверхностной структуры частиц, возникновению физических дефектов в подрешетках и решетках минералов, ускоряющих элементарные взаимодействия поверхностного слоя с водой [1].

В то же время, несмотря на обилие статей, излагающих экспериментальные исследования механической активации цементов, и ее влияние на физико-механические свойства цементного камня [2–4], ощущается недостаток работ, в которых освещается ее влияние на прочностные характеристики бетонных изделий на основе активированного цемента. При этом, несмотря на большое количество проведенных исследований по активации цементов и других строительных материалов, а также множество предложенных конструкций активаторов, их эффективность выявить довольно сложно, так как большинство исследователей не приводят удельные энергозатраты на достижение определенного эффекта. Перспективной же является такая технология практического использования механической активации материалов, при которой соблюдается условие экономической целесообразности. Причем целесообразность использования активированного цемента определяется не столько повышением физико-механических свойств вяжущего как такового, сколько возможностью снижения его расхода при получении равнопрочных и не уступающих по другим показателям изделий на его основе по сравнению с исходными. Под исходными понимаются изделия на основе неактивированного цемента.