

4.2 Подсекция «ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА, ТЕПЛОТЕХНИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ»

УДК 621.926

П.Е. Вайтехович, доц., д-р техн. наук;
П.С. Гребенчук, ст. преп., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УДАРНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Исследованиями процессов измельчения на кафедре машин и аппаратов химических и силикатных производств занимаются уже более 25 лет. Одним из перспективных и интересных направлений этих исследований можно считать изучение ударного измельчения и агрегатов для его осуществления [1].

В качестве объектов исследований из ряда указанных агрегатов были выбраны дисмембратор и ударно-центробежная мельница. Выбор дисмембратора обусловлен тем, что это универсальный агрегат, который может использоваться в качестве смесителя, дробилки, мельницы для грубого, тонкого, сверхтонкого и даже коллоидного помола. В противоположность ему, ударно-центробежная мельница – узконаправленный агрегат, но отличающийся простотой конструкции и широкими возможностями практической реализации.

На начальном этапе дисмембратор, как энергонапряженный измельчитель, использовался для механической активации вяжущих материалов, в частности, цемента. Образцы бетона, сформированные с использованием активированного цемента, показали, что их прочность увеличивается в три раза. Одновременно применение активированного в дисмембраторе цемента взамен обычного заводского при сохранении требуемой прочности позволяет уменьшить его расход на 15%, что для крупнотоннажных производств довольно существенно [2].

Что касается теоретической части работы, то были составлены дифференциальные уравнения движения твердой фазы вместе с воздухом в загрузочном патрубке и предпальцевой зоне. В результате компьютерного решения этих уравнений были определены координаты сектора, который занимают частицы, входящие в межпальцевое пространство (рис. 1).

По этим данным можно рассчитать коэффициент загрузки дисмембратора.

$$k_3 = \frac{360 - \theta}{360}. \quad (1)$$

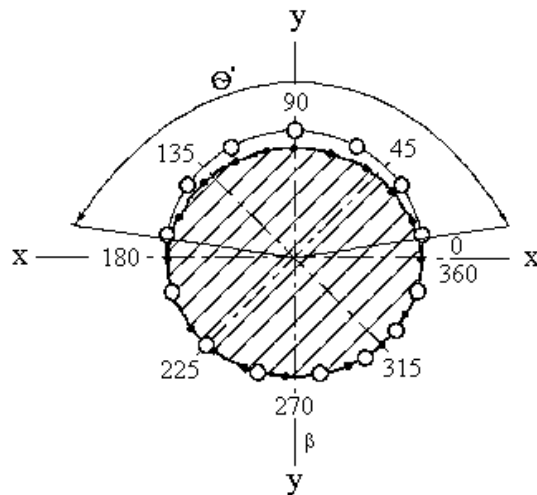


Рисунок 1 – Координаты входа частиц в межпальцевое пространство

Этот коэффициент вносит поправку в формулу для его производительности, определяемой по пропускной способности первого внутреннего ряда пальцев. В зависимости от частоты вращения ротора он изменяется в пределах $k_3 = 0,19 \div 1,0$ [3].

По результатам спроектирована и изготовлена помольная установка на основе дисмембратора с выносным полочным классификатором. Одновременно для снижения металлоемкости предложена конструкция дисмембратора со встроенной классифицирующей камерой.

Работы по аналитическим и экспериментальным исследованиям ударно-центробежных мельниц проводились совместно с ОАО «НПО «Центр». Составлены дифференциальные уравнения относительного движения твердых частиц в межлопастевом пространстве ротора. В полярной системе координат они имеют вид [4].

$$\begin{cases} \ddot{r} - r(\ddot{\phi})^2 = -fg \frac{\dot{r}}{\sqrt{(\dot{r})^2 + (r\dot{\phi})^2}} - 2\omega r\dot{\phi} + \omega^2 r; \\ r\ddot{\phi} + 2\dot{r}\dot{\phi} = -fg \frac{\dot{r}}{\sqrt{(\dot{r})^2 + (r\dot{\phi})^2}} + 2\omega\dot{r}. \end{cases} \quad (2)$$

Решение этих уравнений позволило определить траекторию движения частиц по поверхности ротора (рис. 2).

По изменению траектории видно, что вначале частицы движутся по диску ротора, затем с определенной скоростью и под определен-

ным углом ударяются о лопасти. Дальнейшее движение, вплоть до срыва с ротора, происходит вдоль лопасти.

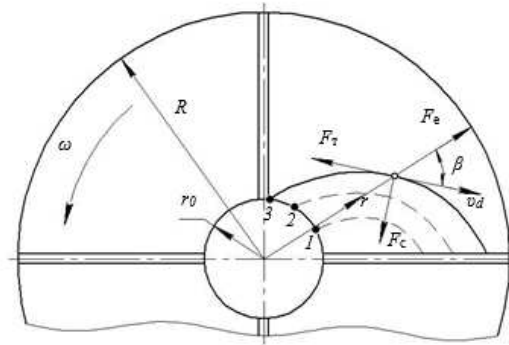


Рисунок 2 – Расчетная схема и траектория движения частиц по поверхности ротора

Полученная картина привела нас к осознанию того, что приведенные выше данные можно использовать для определения и прогнозирования абразивного износа лопастей [5]. А надо отметить, что он в ударно-центробежных мельницах достаточно высок. Поэтому его прогнозирование на стадии конструирования и изготовления новых помольных агрегатов представляется крайне актуальным.

По траектории движения сразу можно отметить, что в ударно-центробежной мельнице происходит сразу два вида абразивного износа: ударно-абразивный при ударе частиц о лопасть и микрорезание при их скольжении по поверхности ротора.

Для расчета ударно-абразивного износа нами использована модель Бекмана-Гоцмана. Согласно ей, величина относительного объемного износа W_1 (м³/кг) рассчитывается по формуле.

$$W_1 = \frac{3}{4\pi\rho_c e_s^*} (\tau_{s1} I_1 + \tau_{s2} I_2), \quad (3)$$

где τ_{s1} и τ_{s2} – прочность адгезионных связей, Па; I_1 и I_2 – изменение поверхности при срезе металла, м²/м³.

При определении указанных параметров учитывалась скорость соударения, угол атаки, твердость поверхности. Индекс 1 относится к стадии пластической деформации с оттеснением металла, а 2 – еще дополнительно и с его плавлением.

При скольжении частиц по поверхности лопасти реализуется процесс микрорезания. Здесь относительный износ W_2 (м³/кг) можно определить как

$$W_2 = \frac{S_m}{4\mu r_0^2 \rho_c} l, \quad (4)$$

где S_m – площадь сегмента срезаемого материала, m^2 ; l – длина поверхности среза, m ; r_0 – радиус зерна абразива, m ; ρ_c – плотность среды (абразива), kg/m^3 ; μ – коэффициент разрыхления.

Экспериментальными исследованиями подтверждено, что суммарный износ $W_1 + W_2$ по величине близок к расчетному.

Следует отметить, что проведенные исследования по ударному измельчению можно считать только начальным этапом в изучении этого процесса. В дальнейшем необходимо более глубоко вникнуть в теорию ударного разрушения, детально изучить процесс абразивного износа и аэродинамику газового потока в помольных агрегатах ударного действия. В процессе выполнения этих исследований должны появиться новые технические решения, обеспечивающие высокую степень измельчения при одновременном снижении энергозатрат. Важной остается и задача снижения абразивного износа элементов конструкции ударных измельчителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вайтехович, П. Е. Интенсификация и моделирование процессов диспергирования в поле инерционных сил / П. Е. Вайтехович – Минск: БГТУ.–2008.– 220 с.

2. Мурог, В.Ю. Моделирование процессов диспергирования и механической активации в аппаратах дезинтеграторного типа: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.17.08 / В.Ю. Мурог; БГТУ. – Мн., 2005. – 20 с.

3. Вайтехович, П.Е. Процессы эффективного измельчения в агрегатах с инерционным воздействием на разрушаемый материал: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.13 / П.Е. Вайтехович; БГТУ. – Мн., 2011. – 37 с.

4. Вайтехович, П. Е. Влияние конструктивных особенностей ротора на скорость измельчаемого материала в центробежно-ударных дробилках / П. Е. Вайтехович, П. С. Гребенчук, А. В. Таболич, А.А. Верховодко // Горная механика и машиностроение. – 2017, № 2, С. 54 – 63.

5. Вайтехович, П. Е. Определение основных параметров ударного взаимодействия абразивных частиц с лопастями ротора-ускорителя центробежной мельницы / П. Е. Вайтехович, Д. Н. Боровский, П.С. Гребенчук, А.В. Таболич // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2018. - № 3, С. 12-16.