

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНОЙ БИСЕРНОЙ МЕЛЬНИЦЫ РАБОТАЮЩЕЙ В ПЕРИОДИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

На процесс измельчения материалов существенное влияние оказывает и среда, в которой он происходит. Присутствие жидкости в зоне контакта мелющего тела и материала интенсифицирует процесс истирания за счет вымывания и очищения поверхности от мелких частиц, а также не позволяет маленьким частичкам материала агломерироваться. При попадании жидкости в трещины материала и при определенных условиях силового воздействия может наблюдаться его расклинивание. Кроме того, при определенных значениях скоростей загрузки и давления измельчение может усиливаться за счет такого явления, как кавитация [1].

Анализ моделей разрушения, физико-химических аспектов прочности и влияния среды на измельчаемый материал показал, что для получения тонкодисперсных материалов надо использовать агрегаты, в которых помол осуществляется за счет истирания в среде, воздействующей на его прочностные характеристики. Одним из таких агрегатов является вертикальная бисерная мельница (рисунок 1).

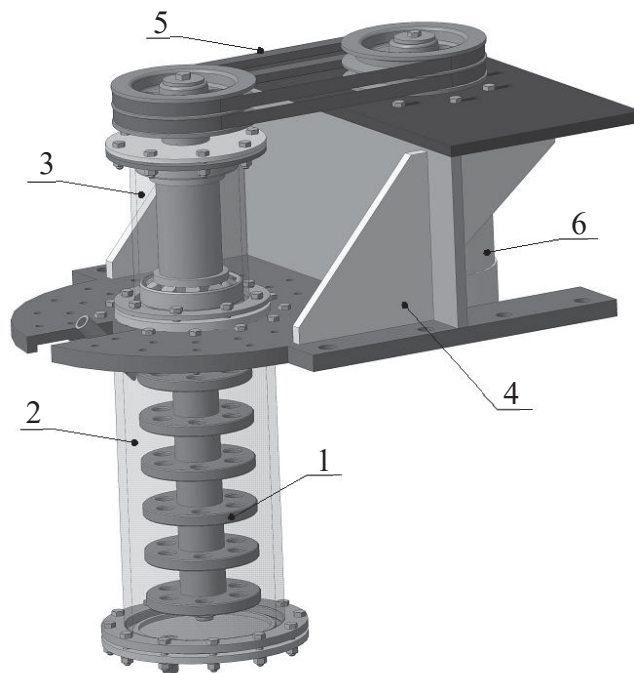


Рисунок 1 – Вертикальная бисерная мельница

1 – ротор; 2 – корпус; 3 – подшипниковый узел;
4 – станина; 5 – ременная передача; 6 – электродвигатель

На начальной стадии изучения любого измельчающего агрегата важна кинетика измельчения материала в нем. Поэтому исследования проводились на мельнице, работающей в периодическом режиме. Для перемешивания загрузки использовались четыре конструкции роторов (рисунок 2) с шестью мешалками в виде: круглых дисков, наклонных дисков, треугольных дисков и со штырями. В качестве измельчающих тел использовались керамические шарики диаметром 1, которые заполняли рабочую камеру на 80–85%. Измельчаемый материал – мел с размером частиц 0,5–1 мм. Частота вращения вала составляла 1450 об/мин, что соответствовало линейной скорости по кромкам мешалок около 10 м/с, а пробы из зоны помола отбирались через определенные промежутки времени в интервале 0,5–5 мин. После проведения экспериментов были получены характеристики крупности распределения размеров частиц в объеме пробы.

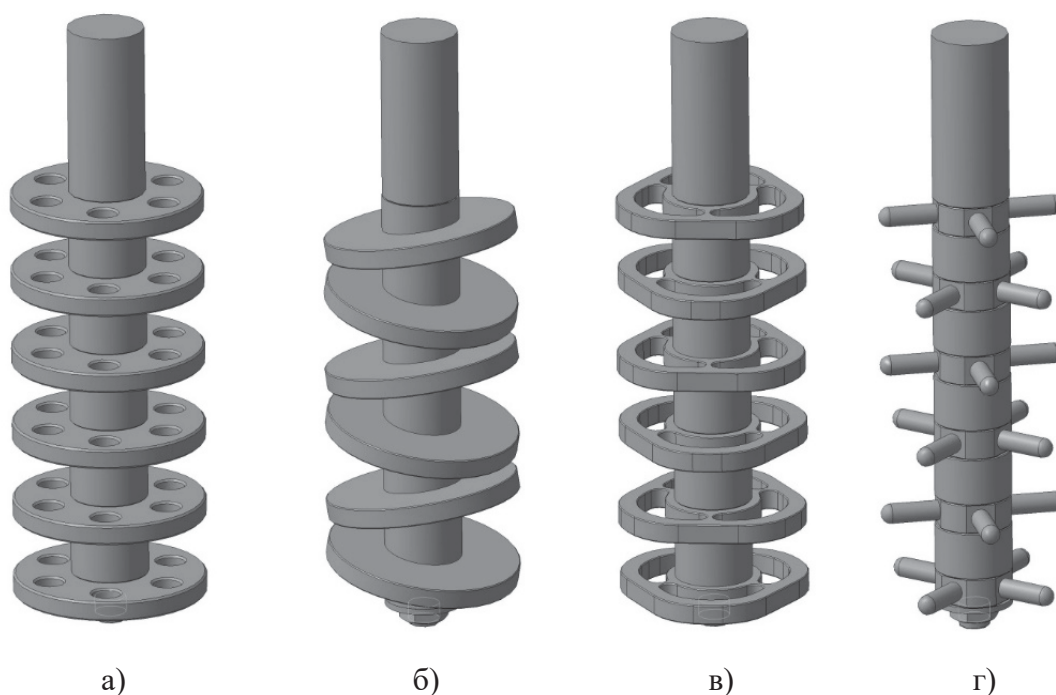


Рисунок 2 – Типы роторов вертикальной бисерной мельницы

а) – с круглыми дисками; б) – с наклонными дисками;
в) – с треугольными дисками; г) – со штырями

Как и в предыдущих работах [2] за критерий эффективности E была принята доля конечного продукта меньше какого-то граничного размера, в данном случае 1, 5 и 10 мкм. После чего были построены функциональные зависимости $E = f(t_i)$, где t_i – время измельчения, для различных граничных размеров (рисунок 3).

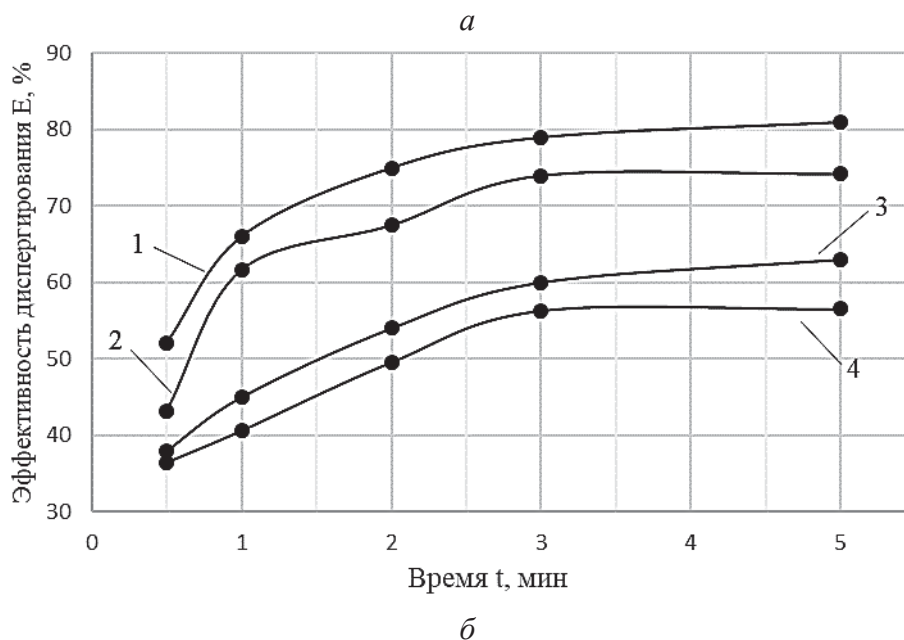
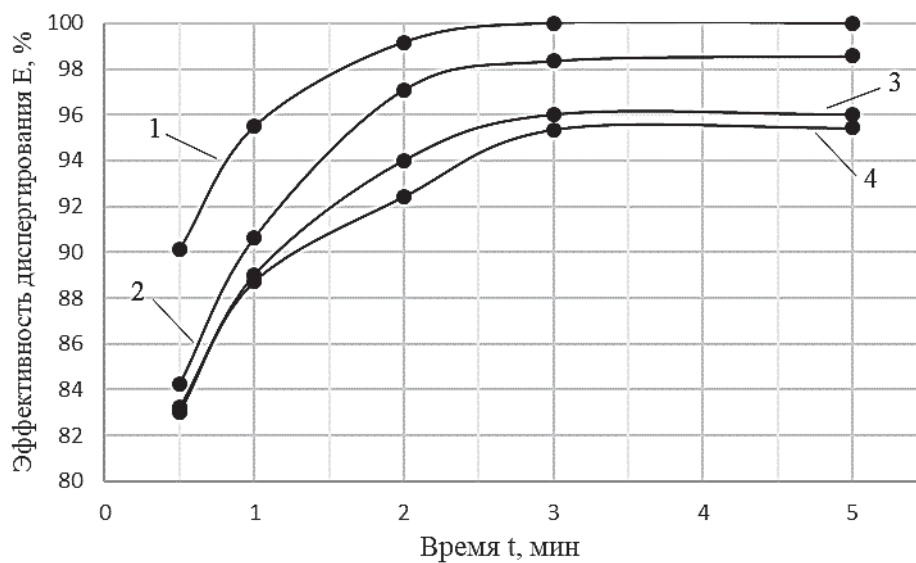


Рисунок 3 – Зависимость эффективности диспергирования от времени измельчения:

а – граничный размер 10 мкм; *б* – граничный размер 5 мкм

- 1 – ротор с наклонными дисками;
- 2 – ротор с треугольными дисками;
- 3 – ротор с круглыми дисками;
- 4 – ротор со штырями

По экспериментальным зависимостям видно, что граничный размер в 10 мкм наблюдается в пробах уже после 0,5 минут обработки и его количество достаточно высокое от 80–90 %, в зависимости от типа ротора (рисунок 3 *а*). Дальнейшее увеличение времени измельчения от 0,5 до 3 минут приводит к незначительному увеличению эффективности

на 10–12 %, а после 3 минут эффективность вовсе практически не повышается.

Для граничного размера в 5 мкм (рисунок 3 б) за первые 0,5 минут измельчения эффективность достигает 35–50%. После 3 минут эффективность увеличивается на 20–30% и далее практически не изменяется.

Что касается граничного размера в 1 мкм, то процент его наличия во всех пробах практически не менялся и составлял 8–11 %.

Обработка экспериментальных данных дала возможность получить эмпирические зависимости для расчета эффективности диспергирования от времени измельчения. Например, для граничного размера в 5 мкм, они представлены в виде полиномиальных (степень 2) и линейных зависимостей (1)–(4):

1) ротор с наклонными дисками:

$$E = -5,4121t^2 + 29,068t + 40,045; 0,5 \text{ мин} \leq t \leq 3 \text{ мин}, \quad (1)$$

2) ротор с треугольными дисками:

$$E = -5,7109t^2 + 30,921t + 31,641; 0,5 \text{ мин} \leq t \leq 3 \text{ мин}, \quad (2)$$

3) ротор с круглыми дисками:

$$E = 8,6441t + 35,203; 0,5 \text{ мин} \leq t \leq 3 \text{ мин}, \quad (3)$$

4) ротор со штырями:

$$E = 8,0719t + 32,583; 0,5 \text{ мин} \leq t \leq 3 \text{ мин}, \quad (4)$$

Разница в эффективности роторов хорошо наблюдается для граничного размера 5 мкм (рисунок 3 б). Наиболее эффективными оказался ротор с наклонными дисками. Его эффективность на 8–10 % выше, чем ротора с треугольными дисками и на 18–25 % чем у роторов с круглыми дисками и со штырями. Это обусловлено тем, что за счет наклона дисков создается нестационарный режим движения загрузки с большим градиентом скорости.

Оптимальное время измельчения для всех типов роторов составляет 3 минуты, за которые эффективность достигает своего максимального значения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусева, А. Н. Методы получения наноразмерных материалов / А. Н. Гусева. – Екатеринбург: УГУ им. А. М. Горького, 2007. – 79 с.
2. Козловский В.И. Комплексная технология диспергирования меловых наполнителей композитов мокрым способом / В.И. Козловский, О.А. Петров, Д.Н. Боровский // Вестник ПГУ. Сер. F, Строительство. Прикладные науки. – 2020. – Новополюцк. – №8. – С. 71–75.