

Тонкое измельчение материалов в вертикальной центробежно-шаровой мельнице с динамическим воздушным классификатором

Студент гр. 3А, курса 5 Козлов П.С.

Научный руководитель – Боровский Д.Н.

Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Шаровое измельчение широко используется в химической и других отраслях промышленности. Однако, несмотря на абсолютное лидерство среди агрегатов тонкого помола, используемых в много тоннажном производстве порошкообразных материалов, шаровым мельницам присущи и серьезные недостатки. Только от 2 до 20% всей потребляемой энергии расходуется непосредственно на измельчение [1], остальная ее часть идет на преодоление сил трения, образование тепла, звуковых колебаний, вибрации и т.д. И если грубый помол с получением частиц, размерами в сотые доли миллиметра, не вызывает серьезных затруднений, при более тонком помоле коэффициент полезного действия шаровой мельницы снижается настолько, что ее дальнейшее использование становится экономически не целесообразно. Перспективы устранения указанных недостатков просматриваются в направлении усложнения траектории и увеличения скорости движения мелющих тел, что может быть реализовано в быстроходных центробежно-шаровых мельницах.

Вертикальная центробежно-шаровая мельница представляет собой цилиндрический корпус, в нижней части которого на вертикальном валу установлен чашеобразный ротор, приводимый в движение от электродвигателя посредством ременной передачи. Исходный материал через загрузочный патрубок поступает в центральную часть вращающегося ротора (привод от электродвигателя) и, двигаясь от центра к периферии, разгоняется до скорости, обеспечивающей разрушение материала (8,5 – 12 м/с).

Измельченный материал подхватывается воздушным потоком, создаваемым вентилятором, и направляется в классификационную камеру. За счет силы аэродинамического сопротивления и центробежной силы инерции, возникающей между вращающимися лопатками корзины происходит отделение частиц требуемого размера от крупной фракции. Далее материал дополнительно отделяется в циклоне и фильтре от воздуха. Готовый продукт собирается в бункере циклона.

Для изучения эффективности помола на вертикальной центробежно-шаровой мельнице с классификационной камерой был проведен ряд опытов на различных материалах (цементом клинкере с размером частиц 2 мм, пигментах – менее 1 мм) [2].

Исследования (рисунок 1) проводились на экспериментальной установке, включающей вертикальную центробежно-шаровую мельницу с диаметром ротора $D = 185$ мм и высотой $H = 55$ мм совместно с динамическим воздушным классификатором. В качестве мелющих тел применялись стальные шары диаметром $6 \div 18$ мм. Степень заполнения ротора ϕ составляла 50 %. Опыты проводились при линейной скорости ротора $v_p = 11,6$ м/с, соответствующих частоте его вращения $n = 600$ об/мин. Скорость газа в кольцевом зазоре составляла $v = 20$ м/с. Линейная скорость корзины классификатора варьировалась от 0 до 3,3 м/с. Эффективность измельчения оценивалась по удельной поверхности частиц, определяемой на приборе ПСХ-8А.



Рисунок 1 – Эффективность измельчения клинкера

Как видно из графика, что с увеличением частоты вращения корзины классификатора возрастает удельная поверхность конечного продукта. Это говорит о возможности регулирования дисперсного состава измельчаемого продукта путем изменения частоты вращения корзины классификатора. Однако, при достижении линейной скорости корзины 2,75 м/с (200 об/мин), значение удельной поверхности клинкера практически неизменно, что обуславливает использование классификатора только в определенном диапазоне частот вращения корзины.

Аналогичные опыты по измельчению (рисунок 2) проводились для материалов представляющих собой пигменты с размером частиц менее 1 мм, следующих типов: 1А – $TiO_2 \cdot 0,1NiO_2$ (кисло-желтый); 2А – $CaO \cdot P_2O_5 \cdot Al_2O_3$ (синий); 4А – $P_2O_5 \cdot Al_2(HP_2O_4)_3 \cdot 2,5H_2O$ (бирюза); 6А – $P_2O_5 \cdot NiO \cdot Al_2O_3$ (зеленый); 8А – $Co_3(PO_4)_2$ (фиолетовый). Для анализа качества помола материала применялся ситовой анализ.

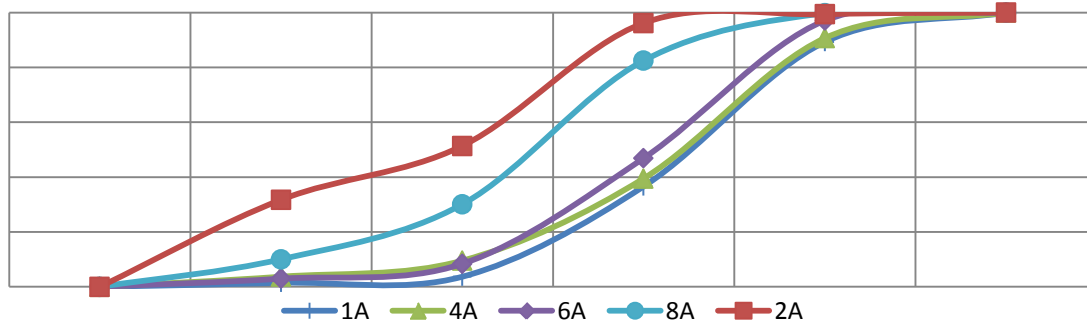


Рисунок 2 – Эффективность измельчения пигментов

Из графика видно, что химическое строение и состав исходной смеси оказывает существенное влияние на качество классификации после ее помола. Так, частицы P_2O_5 в сочетании с Al_2O_3 находящиеся в большом количестве в составе красителя $CaO \cdot P_2O_5 \cdot Al_2O_3$ имеют довольно твердую кристаллическую структуру и плохо подвергаются помолу

Это существенно влияет на дисперсный состав готового продукта, что заметно при рассеиве его на ситах. Большое количество частиц измельченного материала имеет диаметр более 100 мкм, что не соответствует требуемым параметрам. Однако, при сочетании Al_2O_3 в небольших количествах с более аморфными и менее твердыми веществами типа NiO_2 или $Al_2(НРО_4)_3$, находящихся в составе в смеси, делает ее более восприимчивой к измельчению, и это, как следствие, повышает качество измельченного продукта, что доказывается ситовым анализом красителей $TiO_2 \cdot 0,1NiO_2$ и $P_2O_5 \cdot NiO \cdot Al_2O_3$. Содержание частиц менее 100 мкм составляет более 80 % от всего количества порошка.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что установка классификационной камеры на вертикальную центробежно-шаровую мельницу способствует повышению качества продукта, т.е. увеличивается удельная поверхность материала.

Литература

1. Андреев, С.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых / С.Е. Андреев, В.А. Перов, В.В. Зверевич. – М.: Недра, 1980. – 415 с.
2. Боровский, Д.Н. Исследование процесса помола в центробежно-шаровой мельнице / Д.Н. Боровский, П.Е. Вайтехович, Д.В. Семенов // Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов: материалы МНТК, Минск, 25-27 ноября 2009 г.: в 2 ч. / УО «БГТУ»; редкол.: Жарский И.М. [и др.] – Минск: БГТУ, 2009. – С. 309–313.