

ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ В СЕПАРАЦИОННОЙ ЗОНЕ ВАЛКОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ

В.С. Францкевич, П.Е. Вайтехович

(БГТУ, г. Минск)

В отечественной технологии производства цемента для помола клинкера используются шаровые барабанные мельницы. Однако они относятся к наиболее энерго- и металлоемким устройствам. В цементной промышленности зарубежных стран все большее применение получают валковые мельницы, которые обладают рядом преимуществ перед шаровыми. Это высокая единичная производительность, более низкий удельный расход электроэнергии на измельчение, совмещение в одном аппарате измельчения, сушки и сепарации, низкий уровень шума и др. Кроме того, по данным зарубежных фирм, значительно снижаются затраты на капитальное строительство и фундамент по сравнению с затратами на помольную установку с шаровой мельницей [1, 2]. Измельчение материала валками, в отличие от измельчения свободными мелющими телами, носит направленный характер и осуществляется более эффективно в слое. Высокая эффективность измельчения материала валками в плотном слое под высоким давлением приводит не только к увеличению производительности помольной установки, но и к значительному снижению удельных энергозатрат на помол. За рубежом валковые мельницы в основном производятся в Германии, Дании, США, Японии.

Разработка, производство и внедрение валковых мельниц в производство в нашей республике сдерживается отсутствием надежных методов расчета. Авторами проведен ряд исследований по изучению движения материала в мельнице. Так, в работе [3] рассмотрено движение одиночной частицы по размольной тарелке. Составлена система дифференциальных уравнений движения, при решении которой определены скорость и направление движения твердых частиц на выходе с тарелки. Используя эти уравнения, можно определить оптимальную скорость вращения

тарелки для того, чтобы материал гарантированно попал под тарелку.

Следующей важной задачей для валковых мельниц является предотвращение провала размолотого продукта под тарелку. Это можно обеспечить гарантированным выносом твердых частиц газовым потоком из кольцевого зазора между тарелкой и корпусом. Первые опыты, проведенные при осевой подаче газа в мельницу, показали, что практически невозможно обеспечить равномерное распределение газа по кольцевому зазору. В некоторых зонах скорость газа меньше скорости витания, и частицы проваливаются под тарелку. Поэтому был осуществлен переход на тангенциальный ввод газа, при котором обеспечивается более равномерное его распределение.

Для определения скорости и направления движения частицы над тарелкой была использована математическая модель, описывающая движение одиночной частицы в закрученном газовом потоке. Уравнения движения имеют вид:

$$\begin{cases} m \cdot \left(\frac{dU_r}{dt} - \frac{U_\tau^2}{R} \right) = F_\theta^r \\ m \cdot \left(\frac{dU_\tau}{dt} - \frac{2 \cdot U_r \cdot U_\tau}{R} \right) = F_\theta^\tau \\ m \frac{dU_z}{dt} = F_\theta^z - G \end{cases} \quad (1)$$

где U_r, U_τ, U_z — соответственно радиальная, тангенциальная и осевая скорости движения частицы в кольцевом зазоре; $F_\theta^r, F_\theta^\tau, F_\theta^z$ — проекции внешних сил на соответствующие оси.

Для точного расчета параметров движения частицы необходимо знать реальное распределение осевой и тангенциальной скоростей, как в кольцевом зазоре, так и в сепарационной зоне над тарелкой. Для определения влияния закрученного потока на характер движения материала измерение полей скоростей и статического давления проводилось на лабораторной валковой мельнице (диаметр корпуса 250 мм) при осевой и тангенциальной подаче газа цилиндрическим трехканальным зондом по методике, описанной в специальной литературе. Причем замеры

проводились в трех сечениях по высоте мельницы через каждые 10 мм по радиусу. Сечения выбирались на высоте 10 мм, 155 мм, 313 мм от тарелки. В результате исследований установлен характер изменения осевой и тангенциальной скоростей, как по радиусу, так и по высоте мельницы. Получены профили распределения скоростей в исследуемых сечениях. На основе полученных зависимостей можно сделать вывод о существовании по высоте мельницы двух областей течения: области формирования закрученного потока и области относительно стабилизированного течения. Изучение распределения скоростей показало сложность структуры потока в валковой среднеходной мельнице. В области формирования потока (над тарелкой) скорости движения газа по всему сечению довольно трудно описать даже эмпирическими уравнениями. Однако для решения математической модели, описывающей движение частицы в кольцевом зазоре мельницы, необходимо знать значения скоростей только в самом зазоре. Этот участок с достаточно высокой точностью (97 %) описывается следующими уравнениями:

$$\bar{W}_r = 3 + 901,2 \cdot (\bar{r})^2 + 121,8 \cdot (\bar{r})^{0,5}, \quad (2)$$

$$\bar{W}_z = 2 - 522 \cdot (\bar{r})^2 + 57,9 \cdot (\bar{r})^{0,5}, \quad (3)$$

Таким образом, рассчитав осевую и тангенциальную скорости в каждом пункте по уравнениям (2, 3) и подставив их в систему (1), мы сможем с высокой точностью определить скорость движения и местонахождение твердых частиц.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Дуда В. Цемент. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
- 2 Летин Л.А., Роддатис К.Ф. Среднеходные и тихоходные мельницы. – М.: Энергоиздат, 1981. – 360 с.
- 3 Францкевич В.С., Вайтехович П.Е. Оптимизация движения материала по размольной тарелке среднеходной мельницы. Труды БГТУ. Сер. химии и технологии неорган. в-в. – 2001. – Вып 9. – С. 109–113.