

УДК 621.762

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПОМОЛЬНОЙ КАМЕРЫ МЕХАНОРЕАКТОРА
ДЛЯ РЕАКЦИОННОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ЛЕГИРОВАНИЯ
ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННОЙ МЕДИ

А. И. ХАБИБУЛЛИН, Ф. Г. ЛОВШЕНКО

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Для обеспечения протекания необходимых химических реакций в твердофазных порошковых композициях механореактор, в отличие от серийно выпускаемых вибромельниц, должен обладать повышенной энергонапряженностью. В результате проведения лабораторных исследований было установлено, что для протекания механохимических превращений в дисперсно-упрочненных композициях на основе меди необходимо обеспечить нормальные ускорения мелющим телам порядка $120 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$. Поэтому исходными данными для расчета промышленного механореактора, обеспечивающего стабильность результатов при обработке исследуемых композиций служили: объем помольной камеры – $V = 0,03 \text{ м}^3$; нормальное ускорение корпуса и рабочих тел – $a = 120 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$; частота вращения дебалансного вала – $n = 1450 \text{ мин}^{-1}$. У серийно выпускаемых промышленных вибромельниц амплитуда круговых колебаний корпуса не превышает 4 мм, а амплитуда колебаний мелющих тел снижается по направлению к центру практически до нулевых значений, нормальные ускорения корпуса составляют менее $100 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$.

С целью повышения энергонапряженности процесса механоактивированного упрочнения была выбрана схема с внутренним вибратором, так как кожух вибратора, размещенный в центре помольной камеры, поддерживает затухающую амплитуду круговых колебаний загрузки. Кроме того, это позволяет разместить дебалансный вал внутри корпуса механореактора, что повышает компактность установки и безопасность обслуживания.

Для ускорения процесса разгрузки помольная камера расположена наклонно, а для интенсификации процесса гомогенизации композиции на наружной поверхности кожуха вибратора установлен водоохлаждаемый шнековый орган (вибротранспортер).

Предварительно, перед оптимизацией геометрических параметров помольной камеры промышленного механореактора производилась обработка шихты, разработанной ранее базовой медной композиции, включающей 0,8 % Al, 0,8 % MoO_3 , 2,5 % CuO в изолированной воздушной среде. На лабораторную мельницу устанавливались камеры с рабочим объемом 3 л, представляющие собой два соосных цилиндра с различными диаметрами.

Расстояние между внутренней и наружной стенками помольной камеры изменяли в пределах 50–100 мм, диаметр мелющих тел (шаров) — в диапазоне 6–14 мм.

Для определения оптимальных геометрических параметров механореактора (расстояния между внутренней и внешней стенками помольной камеры, диаметра мелющих тел, шага и диаметра шнека) были проведены дополнительные исследования. Расстояние между внутренней и наружной стенками помольной камеры изменяли в пределах 50–90 мм, диаметр мелющих тел (шаров) – в диапазоне 6–14 мм.

При описании области оптимума параметрами являлись: предел прочности материала на растяжение σ_6 и удельное электрическое сопротивление ρ ; факторами – расстояние между внутренней и внешней стенками помольной камеры x_1 , диаметр мелющих тел x_2 . Средние значения параметров оптимизации, приведенные в матрице планирования, получены по результатам двух параллельных опытов. Температура в помольной камере и продолжительность обработки оставались постоянными и равнялись 50 °С и 8 ч соответственно, степень заполнения помольной камеры шарами составляла 75 %, отношение объема рабочих тел к объему шихты $k = 10$.

В результате статистической обработки экспериментальных данных по влиянию расстояния между стенками помольной камеры и диаметра мелющих тел получены математические модели, адекватно представляющие результаты экспериментов. После определения оптимальных расстояния между стенками помольной камеры и диаметра шаров, равных 70 мм и 10 мм соответственно, устанавливались оптимальные значения шага и диаметра шнека. Шнек представлял собой трубу, навитую на поверхность кожуха вибратора. Наличие водоохлаждаемого шнека позволяет отводить тепло от центра помольной камеры и перемещать загрузку от нижнего конца наклоненной помольной камеры к ее верхней части. Шаг шнека изменялся в пределах 50...150 мм, диаметр шнека (трубы) в диапазоне 8–20 мм. Максимальная прочность полученной композиции после компактирования была достигнута при значениях шага и диаметра шнека 100 мм и 14 мм соответственно, и составила 862 МПа. При этих же параметрах шнека материал обладал минимальным удельным электрическим сопротивлением, составлявшим $2,44 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

Установка шнека с указанными параметрами позволила сократить время обработки шихты с 8 ч до 7 ч, при сохранении достигнутых значений физико-механических свойств материала.