

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕСОВАНИЕ УВЛАЖНЕННЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С НАЛОЖЕНИЕМ УЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Краснов Константин Евгеньевич⁽¹⁾, Викторов Алексей Вячеславович⁽¹⁾, Сизов Николай Александрович⁽²⁾, Малевский Алексей Евгеньевич⁽³⁾, Боронина Екатерина Николаевна⁽³⁾.

Студент 5 курса⁽¹⁾, аспирант 3 года⁽²⁾, студент 4 курса⁽³⁾, кафедра «Материаловедение и Омд»

Ульяновский государственный технический университет

Научный руководитель: В. Н. Кокорин,

доктор технических наук, профессор, и заведующий кафедры «Материаловедение и Омд»

Предложена новая технология прессования увлажнённых механических смесей с наложением ультразвуковых колебаний [1], позволяющая интенсифицировать процесс уплотнения дисперсных материалов. Установлено, что при статическом уплотнении гетерофазных увлажнённых механических систем с наложением на дисперсную структуру внешнего ультразвукового (УЗ) воздействия в процессе уплотнения создается условие гомогенного распределения частиц порошка, при этом напряженно-деформированное состояние (НДС) пористого металла характеризуется однородностью. Распределение давления и плотности по объему прессовки становится более равномерным вследствие снижения трения порошка на деформирующий инструмент, а за счет снижения межчастичного трения достигается более плотная упаковка частиц порошка и соответственно более высокая плотность получаемого изделия. Отмечено, что в результате возникновения эффектов кавитации увеличивается растворимость воздуха пор в жидкой фазе механической смеси, что увеличивает качество штампуемых изделий.

Проведены комплексные исследования с целью выявления функциональных (качественных и количественных) связей между контролируемыми входными технологическими параметрами и выходными откликами, определяющими характеристику формоизменения и уплотнения. Исследовалось влияние физических свойств жидкостей (плотность P при температуре 20°C); величины межинструментального зазора (Z); исходной влажности (W) механической смеси; а также мощности (N) ультразвуковых колебаний на процесс консолидации железного порошка при получении высокоплотных структур. В качестве регистрируемого параметра (отклика) принята плотность структуры пятой (конечной) стадии уплотнения.

На основании методов математической статистики и теории планирования эксперимента [2] поставлен и реализован полнофакторный эксперимент: $N = 2^3$ (уплотнение на пятой стадии прессования);

Регистрируемым откликом принята $P(Y)$ – плотность механической смеси / относительная плотность (пятая стадия уплотнения);

Планирование экспериментов проводилось в соответствии с существующими рекомендациями [2] и включало в себя определение факторного пространства, определение необходимого числа опытов по доверительной вероятности, центрирование, масштабирование, выбор плана эксперимента. Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований заключалась в построении полиномиальных моделей и их анализе. Проводилось определение числа параллельных опытов, оценка достоверности результатов измерения и выявление аномальных значений, проверка однородности дисперсий воспроизводимости параллельных наблюдений по критерию Кохрена. Регрессионный анализ включал оценку значимости коэффициентов моделей с целью исключения статистически незначимых факторов и последующий пересчет остальных коэффициентов модели. Оценивалась также статистическая значимость всего уравнения регрессии по критерию Фишера.

В соответствии с планами экспериментов $N=2^3$ и трехкратной воспроизводимостью каждой точки статистическая обработка полученных результатов проводилась при использовании программ регрессионного и дисперсионного анализа. Получены комплексные параметрические модели в виде полиномов различного порядка, определяющая влияние мощности, зазора и влажности на плотность 5-ой стадии прессования железосодержащих порошков.

Уравнения регрессии имеют вид:

Линейная регрессии:

$$P = 8.403 - 5.556N - 12.5W - 100Z . \quad (1)$$

Степенная регрессия принимает вид:

$$P = 0.054 \cdot N^{-0.851} \cdot W^{-0.544} \cdot Z^{-0.445} \quad (2)$$

Уравнение регрессии с дополнительными переменными примет вид:

$$P = 8.695 - 7.639N - 3.056W - 5.56Z - 13.89NW - \\ -138.89NZ - 1388.89WZ + 2777.78NWZ \quad (3)$$

При окончательной оценке возможности использования построенных моделей в технологических расчетах следует исходить из следующего:

1. Для вычисления значения отклика при заданных значениях исходных переменных в рассмотренном диапазоне значений можно рекомендовать использовать модель (3).
2. Для оценки влияния изменения значений исходных факторов на изменение отклика рекомендуется использовать модели (1) или (2), в зависимости от того абсолютное или относительное изменение интересует исследователя.
3. Для вычисления значения отклика при значениях исходных переменных, выходящих за пределы рассмотренных диапазонов значений следует использовать модель (1).

Проведенные исследования позволяют существенно расширить эффективность процесса уплотнения порошковых материалов за счет рационального выбора влажности смеси, конструкции оснастки и мощности, используемого ультразвукового оборудования.

Литература

1. Моделирование процесса уплотнения увлажненных металлических порошков с использованием ультразвукового воздействия / В.Н. Кокорин, Н.И. Шанченко, Н.А. Сизов, О.Г. Крупенников // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 4. Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. – с.37-46.
2. Рудской, А.И. Теория и практика процесса прессования гетерофазных увлажненных механических смесей на основе железа / А.И. Рудской, В.Н. Кокорин., В.И. Филимонов, Е.М. Булыжев, С.Ю.Кондратьев. – Ульяновск: УлГТУ, 2012. – 246 с.
3. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 396 с.