

В том случае, если прокатка является завершающей стадией формообразования, ее целесообразно совмещать с операцией термической обработки для реализации процессов как термического, так и деформационного упрочнения.

УДК 621.762.5

Деформация заготовок из металлических порошков под действием магнитного поля импульсного тока

Студенты гр.10402112 Кубасов С. А., Пилипцевич Д. В.
 Научный руководитель – Минько Д. В.
 Белорусский национальный технический университет,
 г. Минск

Высокоскоростные методы обработки давлением порошковых материалов является перспективным направлением для порошковой металлургии. Одним из методов такой обработки является магнитно-импульсное прессование порошков, основанное на действии пинч-эффекта, вызывающего пластическую деформацию материала порошковых частиц в зоне их механических контактов. При разработке технологических процессов с использованием магнитно-импульсного прессования используется математическое моделирование, позволяющее оптимизировать режимы получения порошковых материалов с заданными физико-механическими свойствами. С учетом этого для математического моделирования процессов получения порошковых деталей установлены следующие уравнения:

$$\frac{dp}{dr} = -j(r)B(r) \quad (1)$$

$$B(r) = \frac{\mu_0 I_0 (\alpha r \sqrt{-i})}{2\pi R J_1(\alpha R)} \quad (2)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{\omega \mu_0}{\rho}} \quad (3)$$

где p – давление;

r – радиус-вектор; R – радиус электрода-пуансона;

ρ – плотность материала порошковой частицы;

ω, j, I_0 – соответственно циклическая частота, плотность и амплитуда силы тока;

μ_0 – магнитная проницаемость вакуума;

J_1 – функция Бесселя I-го порядка.

Для оценки характера распределения давления в порошке при электроимпульсной обработке проведено моделирование с использованием прикладных программ «MathCAD». При моделировании в зависимостях, описывающих распределение давления в порошке, использовались такие относительные переменные, как χ и ψ , характеризующие диаметр D и высоту H находящегося в жесткой цилиндрической матрице порошка, а также параметр β , определяющий соотношение H к D . При вычислениях относительные переменные χ и ψ изменялись в пределах от нуля до единицы, а параметр β – в пределах от единицы до двух.

При моделировании распределения давления в порошке в момент протекания импульсного тока в качестве исходных данных использовались: длительность первого периода электрического импульса – 80 мкс, амплитуда напряжения и силы тока – 1,5 кВ и 10 кА соответственно (рисунок 1, а). Для наглядности при построении графических зависимостей распределения давления в порошковом слое выделялась граница раздела со стенкой матрицы (рисунок 1, б) и диаметр центрального сечения (рисунок 2).

На конечной стадии моделирования исследовалась эффективная глубина проникновения в условиях действия скин-эффекта по сечению порошкового слоя импульсного тока, циклическая частота которого изменялась в пределах $(2-8) \cdot 10^4$ рад/с (рисунок 3).

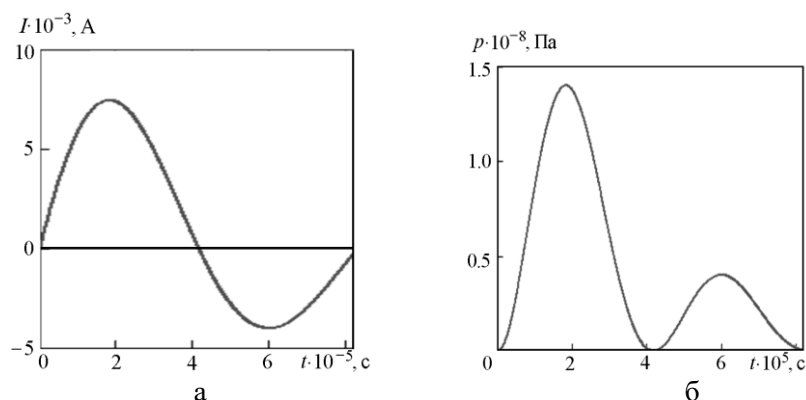


Рисунок 1 – Характер изменения величины импульсного тока (а) и давления (б) в центре порошкового слоя за первый период разряда

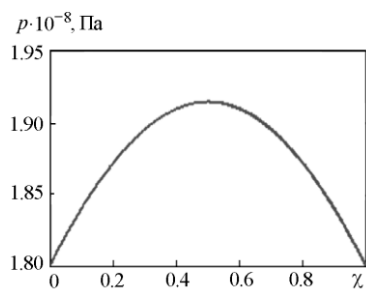


Рисунок 2 – Характер распределения давления в сечении порошкового слоя при $i(t) = I_0$

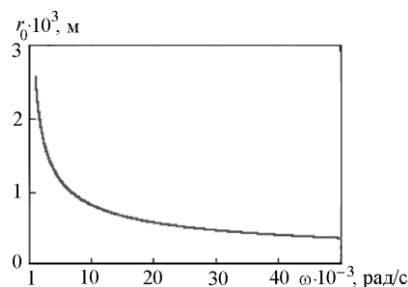


Рисунок 3 – Эффективная глубина проникновения импульсного тока в порошковом слое

Анализ результатов моделирования показал, что на распределение давления в порошке при электроимпульсной обработке существенное влияние оказывает пинч-эффект, действие которого приводит к радиальному сжатию прессовки в поперечном сечении собственным магнитным полем импульсного тока. Под действием пинч-эффекта давление в порошке монотонно возрастает вдоль оси r от периферии к центру, где и достигнет своего максимума. При высоте порошковой насыпки, равной диаметру, неравномерность радиальной составляющей вызванного действием пинч-эффекта давления в поперечном сечении может составить 7–8%, а в продольном сечении неравномерность осевой составляющей этого давления достигает уже 19–20%. При определенных значениях импульсных токов и соотношениях высоты к диаметру насыпки полученная после ЭИП заготовка может приобрести форму гиперболического цилиндра. Результаты моделирования показывают, что действие пинч-эффекта способно создавать давления, вызывающие не только упругие, но и пластические деформации частиц порошка. Поэтому при ЭИП следует учитывать, как характер распределения давления в порошке, вызванного действием пинч-эффекта, так и характер распределения давления, вызванного одноосным двухсторонним нагружением.

Результаты решения уравнений (1)–(3) могут использоваться при расчетах и оптимизации режимов магнитно-импульсной обработки пористых порошковых материалов.