

05;12

Использование метода Кольского для исследования процессов импульсного прессования порошковых материалов

© А.М. Брагов, С.Н. Родионов, Е.Е. Русин

Научно-исследовательский институт механики
Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского
E-mail: bragov@mech.unn.ru

Поступило в Редакцию 13 мая 2004 г.

Предложено использовать модификацию метода Кольского, позволяющую контролировать параметры нагружения, выбирать рациональные режимы компактирования порошковых материалов и получать однородные компакты хорошего качества при длительности нагружения 100–400 μs с амплитудами до 1500 МПа.

Особое место среди способов компактирования порошковых материалов занимают методы высокоскоростного импульсного прессования [1,2], характеризующиеся высокими скоростями деформаций, достигающими значений $10^2\text{--}10^4\text{ s}^{-1}$, малыми временами нагружения, измеряемыми милли- или микросекундами и большими давлениями. Интерес к подобным методам компактирования связан с тем, что использование импульсного сжатия оказывается предпочтительным для прессования малопластичных и труднодеформируемых порошков и композиций.

Основной причиной, препятствующей дальнейшему развитию методов высокоскоростного прессования, является недостаточная изученность сложных физико-механических процессов, протекающих на разных стадиях компактирования, что обусловлено трудностью регистрации и определения параметров нагружения и состояния порошкового материала в процессе компактирования. В этой связи предложено использовать метод Кольского [3] для исследования процессов импульсного компактирования порошковых материалов, который позволяет контролировать процесс высокоскоростного компактирования во времени.

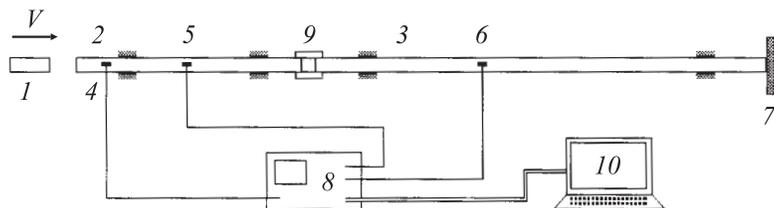


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования процессов компактирования порошковых материалов: 1 — ударник, 2, 3 — мерные стержни, 4 — запускаяющий датчик, 5, 6 — измерительные тензодатчики, 7 — демпфер, 8 — цифровой осциллограф С9-8; 9 — обойма с исследуемым порошком, 10 — персональный компьютер.

В предлагаемой схеме испытания образец из исследуемого порошкового материала малой длины L_0 помещен в жесткую обойму между двумя стержнями одинакового диаметра (рис. 1). Пределы упругости стержней достаточно высоки (порядка 2000 МПа).

Импульс сжатия в мерном стержне 2 возбуждается ударом бойка 1. На некотором расстоянии от ударяемого торца формируется одномерная упругая волна сжатия, перемещающаяся по стержню со скоростью C . По данным регистрации упругих деформаций в обоих стержнях можно определить напряжения и деформации в образце порошкового материала. Из одномерной теории распространения упругих волн средние значения деформаций и напряжений в образце определяются по измеренным импульсам деформаций в мерных стержнях 2 и 3 по известным соотношениям Г. Кольского [3]:

$$\varepsilon = -\frac{2C}{L_0} \int_0^t \varepsilon_R dt, \quad (1)$$

$$\sigma = EF\varepsilon_T/F_s, \quad (2)$$

где ε_R — отраженный от образца и ε_T — прошедший импульсы деформаций, F_s — площадь поперечного сечения образца, L_0 — начальная его длина, F — площадь поперечного сечения мерных стержней, C — скорость звука в стержнях и E — их модуль Юнга, t — время.

Таким образом, выведенные зависимости позволяют по данным регистрации деформаций ε_R и ε_T вычислить напряжение σ и деформацию ε образца во времени, а затем построить динамическую диаграмму компактирования в осях σ – ε для исследуемого материала. Кроме того, регистрация импульсов тангенциальной и радиальной деформаций позволяет определить в процессе компактирования давление $P(t)$, сопротивление сдвигу $\tau(t)$, а также коэффициент бокового распора [4].

Для исследования процессов импульсного компактирования порошковых материалов была использована экспериментальная установка (рис. 1), включающая в себя нагружающее устройство, два мерных стержня диаметром 20 мм каждый и комплекс регистрирующей и синхронизирующей аппаратуры [5,6]. В качестве нагружающего устройства использовалась газовая пушка калибром 20 мм. Исследуемый порошок находился в специальной обойме (9), размещенной между торцами мерных стержней.

В работе компактированию был подвержен порошок восстановленного железа со средним размером зерна 15 μm .

Параметры прессования порошка составили: давление прессования — до 1300 МПа, длительность импульса давления изменялась в диапазоне от 100 до 300 μs . Следует отметить, что при фиксированной амплитуде давления максимальная плотность компактов наблюдалась при длительностях импульса в 300 μs .

Для получения большей величины деформации в образце использовалась модификация метода Г. Кольского, предложенная в работе [7]. В соответствии с этой модификацией в работе использовались мерные стержни с соотношением длин 1:2, что позволяло регистрировать два цикла нагружения порошкового материала импульсами одного знака (сжатия) в одном опыте. Использование такой схемы позволяет в одном опыте достичь большей плотности компакта.

На рис. 2 в качестве примера представлена диаграмма импульсного компактирования порошка восстановленного железа, полученная в одном из опытов.

После импульсного прессования без использования пластификатора плотность образцов составила 88% и после спекания возросла до 92% от плотности железа, равной 7874 kg/m^3 . Металлографические исследования образцов показали, что полученные компакты обладают достаточно однородной мелкозернистой структурой в продольном и поперечном направлениях. Размер зерен составляет 1–5 μm .

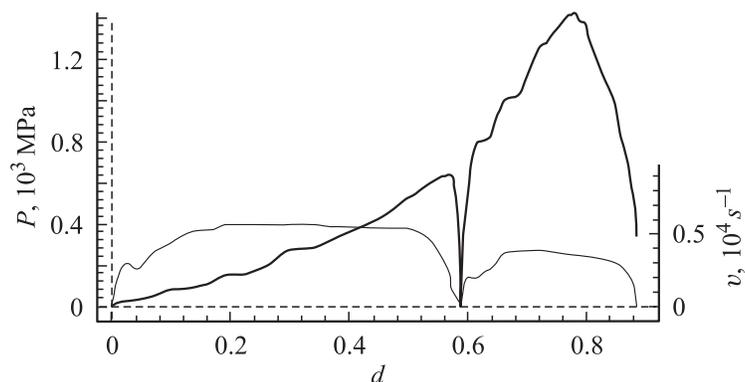


Рис. 2. Диаграмма процесса импульсного прессования (d — деформация, v — скорость деформирования, P — напряжение).

Проведенные эксперименты с труднодеформируемыми порошками показали перспективность использования этого метода. Так, например, на смеси порошков синтетического алмаза, железа, никеля и меди плотность компактов достигала 95%.

Таким образом, впервые предложено использовать модификацию метода Кольского, которая позволяет контролировать параметры нагружения, выбирать рациональные режимы компактирования, а также получать при длительности нагружения 100–400 μs с амплитудами до 1500 МПа однородные компакты порошковых материалов хорошего качества.

Список литературы

- [1] *Богоявленский К.Н., Кузнецов П.А., Мертенс К.К.* и др. *Высокоскоростные способы прессования деталей из порошковых материалов.* Л.: Машиностроение, 1984. 168 с.
- [2] *Дерибас А.А., Симонов П.А., Филимонок В.Н.* и др. // *ФГВ.* 2000. N 6. С. 45–49.
- [3] *Кольский Г.* *Волны напряжений в твердых телах.* М.: ИЛ, 1955. 189 с.
- [4] *Bragov A.M., Grushevsky G.M., Lomunov A.K.* // *DYMAT Journal.* 1994. V. 1. N 3. P. 253–259.

- [5] Брагов А.М., Ломунов А.К., Русин Е.Е. Методика исследования динамических свойств материалов с использованием составных стержней Гопкинсона. Прикладные проблемы прочности и пластичности. Статика и динамика деформируемых систем: Всесоюз. межвуз сб. / Горьк. ун-т. 1980. В. 16. С. 138–144.
- [6] *Bragov A.M., Lomunov A.K.* // Int. Journal of Impact Engineering. 1995. V. 16. N 2. P. 321–330.
- [7] Брагов А.М., Ломунов А.К., Сергеев И.В. // Прикладная механика и техническая физика. 2001. Т. 42. № 6. С. 199–204.